UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ET

STATION ZOOLOGIQUE

D'ARCACHON

TRAVAUX DES LABORATOIRES

RECUEILLIS ET PUBLIÉS PAR

Le Dr F. JOLYET

DIRECTEUR DES LABORATOIRES DE LA STATION ZOOLOGIQUE D'ARCACHON
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

Le Dr F. LALESQUE

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE D'ARCACHON
LAURÉAT DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE ET DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Et le Dr B. de NABIAS

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DÉLÉGUÉ DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ANNÉE 1898

PARIS

LIBRAIRIE OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8 — Place de l'Odéon — 8

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ET

STATION ZOOLOGIQUE

D'ARCACHON

CONSEIL D'ADMINISTRATION

MM. Le MAIRE D'ARCACHON, } *Présidents d'honneur.*
Le Dr HAMEAU Père, }
Le Dr F. LALESQUE, *Président.*
Le Dr de NABIAS, professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, délégué de l'Université, } *Vice-Présidents.*
C. SÉMIAC, pharmacien à Arcachon, }
Le Dr André HAMEAU, *Secrétaire général.*
J. SABY, conducteur des Ponts et Chaussées, *Trésorier.*
Le Dr Ch. BLAREZ, professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, } *Administrateurs.*
L. ESCARRAGUEL, ancien élève de l'École Centrale, }
G. BUSQUET, entrepreneur, }
M. ORMIÈRES, architecte à Arcachon, }
E. DURÈGNE, ancien élève de l'École Polytechnique, à Bordeaux, *Conservateur du Musée et de la Bibliothèque.*
FILLIOUX, à La Teste, *Conservateur honoraire.*
Le Dr JOLYET, professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, *Directeur de la Station Zoologique.*

EXTRAIT DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La *Société Scientifique d'Arcachon,* fondée en 1863, a pour but de faciliter l'étude, l'avancement, la vulgarisation des sciences naturelles et des procédés d'aquiculture marine : 1° par l'organisation et l'entretien d'un Établissement comprenant un Musée, une Bibliothèque et un Aquarium, avec des Laboratoires destinés aux recherches et aux études biologiques; 2° par des conférences et des cours publics.

. . . . . .

ART. 23. — Les membres de la Société, les professeurs et tous les attachés à l'enseignement scientifique dans les Facultés ou autres écoles de l'État, les élèves des Hautes-Études ou des Facultés, munis d'un certificat constatant leur mission à Arcachon, seront admis à jouir gratuitement des Laboratoires et de leurs annexes. Pour les autres travailleurs, il sera perçu une rétribution dont le taux sera fixé chaque année par l'Assemblée générale.

N. B. — La Société dispose, annexées à ses Laboratoires, de trois chambres dans lesquelles elle peut loger *gratuitement* les travailleurs qui en font la demande.

TRAVAUX

SORTIS DES

LABORATOIRES D'ARCACHON

Paul Bert. — Note sur la présence de l'*Amphioxus lanceolatus* dans le bassin d'Arcachon et sur ses spermatozoïdes (*Mém. de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux,* t. IV, 1867).

— Sur la mort des poissons de mer dans l'eau douce (*Ibid.*, t. IV et V, 1867).

— Reproduction des parties enlevées chez les Annélides (*Ibid.*, t. V).

— Sur la respiration des jeunes Hippocampes dans l'œuf (*Ibid.*).

— Sur les appendices dorsaux des Eolis (*Ibid.*).

— Sur le sang de divers Invertébrés (*Ibid.*).

— Mémoire sur la physiologie de la Sèche (*Sepia officinalis,* Lin.) (*Ibid.*, t. V. Extrait *in Comptes rend. de l'Acad. des Sc.,* 1867).

— Sur l'Amphioxus (anatomie et physiologie) (*Comptes rendus,* 1867).

Chéron. — Des conditions anatomiques de la production des actions réflexes chez les Céphalopodes (*Comptes rendus,* 1868).

Fischer (P.). — Note sur un Cétacé (*Grampus griseus*) échoué sur la côte d'Arcachon (*Ann. des Sc. nat.,* 1868).

— Mémoire sur les Cétacés du genre *Ziphius,* Cuv. (*Nouv. Ann. du Muséum d'Hist. nat. de Paris,* t. III).

— Observations sur quelques points de l'histoire naturelle des Céphalopodes (*Ann. des Sc. nat.,* t. VIII).

— Recherches sur les Actinies des côtes océaniques de la France (*Nouv. Ann. du Muséum,* t. X).

— Faune conchyliologique du département de la Gironde et du Sud-Ouest (*Actes de la Société Linnéenne,* t. XXV, XXVII, XXIX).

— Bryozoaires, Echinodermes et Foraminifères du département de la Gironde, etc. (*Ibid.*, t. XXVII).

Fischer (P.). — Crustacés podophtalmaires et cirrhipèdes, etc. (*Ibid.*, t. XXVIII).

— Anthozoaires, Synascidies, etc. (*Ibid.*, t. XXX).

Charles des Moulins. — Note sur une forme allongée du *Tapes aurea*, Gmel. (*Actes de la Société Linnéenne*, t. XXVI, 1868).

Alexandre Lafont. — Note pour servir à la faune de la Gironde contenant la liste des animaux marins dont la présence a été constatée à Arcachon pendant les années 1867-68 (*Actes de la Société Linnéenne*, t. XXVI).

— Note sur l'organisation des Pennatules (*Ibid.*)

— Note sur les organes de la génération de l'*Ommastrephes sagittatus* (*Ibid.*)

— Observations sur la fécondation des Céphalopodes (*Ibid.* et *Ann. des Sc. nat.*, t. XI).

— Note pour servir à la faune, etc., années 1869-70 (*Ibid.*, t. XXVII).

— Observations sur l'Amphioxus, sur la Torpille (*Ibid.*).

— Observations sur les Syngnathes (*Ibid.* et *Actes de l'Académie de Bordeaux*).

— *Journal d'observations faites sur les animaux marins du bassin d'Arcachon pendant les années 1866-67-68* (Bordeaux, 1870).

— Description d'une nouvelle espèce de Raie (*R. Brachyura*) (*Ibid.*, t. XXVII).

— Observations sur l'anatomie des Cétacés capturés à Arcachon en 1867-68 (*In* Fischer, *Cétacés du Sud-Ouest. Ibid.*, t. XXXV).

Moreau (A.). — *Recherches physiologiques sur la vessie natatoire.*

— *Recherches physiologiques sur la Torpille électrique*, 1869.

Moreau (E.). — Note sur la région cranienne de l'Amphioxus, etc (*Comptes rendus*, 1870).

— Poissons de France; note sur quelques espèces nouvelles des côtes de l'Océan (*Rev. et Man. de Zoologie pure et appliquée*, 1874).

— *Histoire naturelle des Poissons de la France* (Faune d'Arcachon étudiée en 1869). Paris, Masson, édit., 1881.

Quatrefages (de). — *Note sur quelques animaux invertébrés du bassin d'Arcachon* (Association française pour l'Avancement des Sciences, session de Bordeaux, 1872).

Jobert. — *Étude d'anatomie comparée sur les organes du toucher chez divers Mammifères, Oiseaux, Poissons, Insectes* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, 1872).

Viault. — *Recherches histologiques sur la structure des centres nerveux des Plagiostomes* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, 1877).

Pérez. — Ovologie des Sacculines. Sur la fécondation de l'Oursin (*Comptes rendus*, 1877).

Franck (Fr.). — *Observations graphiques des effets des nerfs sur le cœur des Poissons.* — *Des effets de l'asphyxie graduelle* (Travaux inédits).

Kunstler. — Histoire naturelle des Infusoires parasites (description de deux espèces nouvelles) (*Ann. des Sc. nat. de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 1re série, nº 4).

— *Dumontia opheliarum*, type nouveau de la sous-classe des Sarcodines (*Bull. de la Soc. Zoologique*, 1885).

JOLYET. — Recherches sur la Torpille électrique (*Ann. des Sc. nat. de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 2e série, n° 2, et *Mém. de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, t. V, 2e série).

DURÈGNE (E.). — Sur le *Chitonactis Richardi*, Marion (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XL, p. IV, XXVIII, LIV).

— Sur le *Pleurophyllidia lineata*, Otto (*Ibid.*, p. XXVI, XXXVIII).

— Sur l'*Adamsia palliata*, Bohadsch (*Ibid.*, p. XXVIII).

— Sur l'*Eledone octopodia*, Pennant (*Ibid.*, p. XXXVIII).

— Sur le *Chenopus pes carbonis*, Brongn. (*Ibid.*, t. XLI, p. XXIX).

— Sur les dragages en eau profonde au large d'Arcachon (*Ibid.*, p. XXXIII).

GOTCH (F.). — The électromotive properties of the electrical organ of *Torpedo marmorata* (*Phil. Transactions of the Royal Society of London*, 16 juin 1887).

BOURY (E. DE). — Observations sur la faune conchyliologique marine des côtes de la Gironde (*Journal d'Histoire naturelle de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 1888, n° 9, p. 99).

DURÈGNE (E.). — Sur la présence du *Porania pulvillus* dans le golfe de Gascogne (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLI, p. XLVIII).

— Sur la présence dans le bassin d'Arcachon du *Polycera Lessoni* et de l'*Alcyonium palmatum* (*Ibid.*, t. XLII, p. XXV).

FISCHER (P.). — Note sur la présence du genre *Corambe Bergh* dans le bassin d'Arcachon (*Bull. de la Soc. Zoologique de France*, t. XIII, p. 215).

GOTCH (F.). — Further observations on the electromotive properties of the electrical organ of *Torpedo marmorata* (*Phil. Trans. of the Royal Society of London*, 8 mars 1888, t. CLXXIX, p. 329).

— Experiments on some curarised Torpedoes (*Proceedings Phys Society*, 1888, t. II, p. v).

LAGATU (H.). — Anomalies de coloration observées chez une Sole et une Raie. Poissons rares capturés à Arcachon (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLI, p. LXXVI).

PETIT (L.). — Effets de la lésion des ganglions sus-œsophagiens chez le Crabe (*Carcinus mœnas*) (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 juillet, et *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLII, p. LXXXVI).

DURÈGNE (E.). — Sur un maxillaire de Baleinoptère trouvé à Arcachon au siècle dernier (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XVII, p. LXXI).

— Liste des espèces marines nouvelles trouvées à Arcachon depuis le commencement de l'année (*Ibid.*, p. LXXXVII).

— Note sur le *Chitonactis Richardi*, Marion (*Ibid.*, t. XLIII, p. 312).

— Sur la présence de la *Chama griphoïdes* sur les côtes océaniques d'Europe (*Ibid.*, p. XL).

FISCHER (H.). — Note préliminaire sur le *Corambe testudinaria* (*Bull. de la Soc. Zoologique de France*, t. XIV, p. 379).

Fischer (P.). — Sur la disposition des tentacules chez les Cérianthes (*Bull. de la Soc. Zoologique de France*, t. XIV, p. 24).

— Note sur le *Pavonaria quadrangularis* et sur les Pennatulides des côtes de France (*Ibid.*, p. 34).

— Nouvelle contribution à l'actinologie française (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLIII, p. 351, avec 1 pl.).

Kunstler et de Lustrac. — Sur le *Dumontia libera* nov. sp. (*Bull. scient. de la France et de la Belgique*, III, 2, p. 293).

Lagatu (H.). — Caractères distinctifs de l'espèce et du sexe dans les coquilles types de quatre Sepias (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLII, p. 105, avec 4 pl.).

Ménégaux (A.). — Contribution à l'étude de la turgescence chez les Bivalves siphonés et asiphonés (*Bull. de la Soc. Zoologique de France*, t. XIV, p. 40).

— Sur les homologies de différents organes des Tarets (*Ibid.*, p. 53).

Bernard (F.). — *Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes prosobranches* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, avril 1890).

Bouvier. — Sur un cercle circulatoire annexe chez les Crustacés décapodes (*Bull. de la Soc. Phil. de Paris*, 8e série, t. II, p. 135).

— Variations progressives de l'appareil circulatoire artériel chez les Crustacés anomoures (*Ibid.*, p. 179).

Durègne (E.). — Animaux nouveaux pour la région, recueillis à Arcachon (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XLIII, p. x et lxxv; t. XLIV, p. xix).

Ménégaux. — *Recherches sur la circulation des Lamellibranches marins* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, 30 juin 1890).

Perrier (R.). — *Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes prosobranches* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, 28 mars 1890).

Viallanes (H.). — Sur quelques points de l'histoire du développement embryonnaire de la Mante religieuse (*Mantis religiosa*) (*Revue biologique du Nord*, n° 12, septembre 1890).

— Note sur la ponte d'une Seiche d'espèce indéterminée (*Ibid.*, n° 3, décembre 1890).

— Sur la structure des centres nerveux du Limule (*Limulus polyphemus*) (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1er décembre 1890).

Fischer (H.). — Sur l'anatomie du *Corambe testudinaria* (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 2 février 1891).

— Recherches anatomiques sur un Mollusque nudibranche appartenant au genre Corambe (*Bull. scient. de la France et de la Belgique*, 1891, t. XXIII, 40 p., 4 pl.).

Phisalix (C.). — Sur la nature des mouvements des chromatophores des Céphalopodes (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 19 oct. 1891).

Faurot (L.). — Sur le *Cerianthus membranactus* (*Mém. de la Soc. Zoologique de France*, 1891, 10 p., 1 fig.).

Zune (A.-J.). — *Traité général d'analyse des beurres* (2 vol. in-8° de 400 p. chacun. Paris et Bruxelles, 1892).

Grehant et Jolyet (F.). — De la formation de l'urée par la décharge électrique de la Torpille (Société de Biologie, 1891).

Jolyet et Viallanes (H.). — Recherches sur le système nerveux accélérateur et modérateur du cœur des Crustacés (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 25 janvier 1892).

Viallanes (H.). — Sur la structure de l'œil chez les Crustacés macroures (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 4 mai 1892).

— Sur la structure de la lame ganglionnaire chez les Crustacés décapodes (*Bull. de la Soc. Zoolog. de France*, 1891, 9 p., 3 fig.).

— Sur quelques points de l'histoire du développement embryonnaire de la Mante religieuse (*Ann. des Sc. nat. et zoolog.*, 7e série, t. XI, 1891, 45 p., 2 pl. doubles).

Roché (G.). — Rapport sur une mission de dragage dans le golfe de Gascogne (*Arch. des Missions scient.*).

— Le chalutage à vapeur dans le golfe de Gascogne (*Revue des Sc. nat. du Sud-Ouest*, janvier 1892).

Certes (A.). — Sur la vitalité des germes microscopiques des eaux douces et des eaux salées (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 22 février 1892).

Fischer (H.). — *Recherches sur la morphologie du foie des Gastéropodes* (Th. de Paris, 88 p., 7 pl., et *Bull. scient.*, t. XXIV).

Phisalix (M.). — Structure et développement des chromatophores chez les Céphalopodes (*Arch. de Physiol.*, juillet 1892, 11 p., 1 pl.).

Bouvier (E.-L.). — Sur la graisse du foie des Crustacés décapodes (*Bull. de la Soc. Philomathique*, 8e série, t. III, no 4, 5 p.).

— Observations sur l'anatomie du système nerveux de la Limule polyphème (*Bull. de la Soc. Phil.*, 8e série, t. III, 12 p., 3 fig.).

Thoulet. — Recherches d'océanographie sur le bassin d'Arcachon (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*).

Nabias (de). — *Recherches sur la structure du système nerveux des Mollusques* (Association française, Congrès de Pau).

Viallanes (H.). — Recherches comparatives sur l'organisation du cerveau dans les principaux groupes d'Arthropodes (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, 30 avril 1892).

Viallanes (H.). — Recherches sur la filtration de l'eau par les Mollusques et applications à l'ostréiculture et à l'océanographie (*Comptes rendus de l'Acad.*, 7 juin 1892).

— Recherches anatomiques et physiologiques sur l'œil des Arthropodes (*Ann. des Sc. nat.*, 36 p., 2 pl.).

— Contribution à l'histologie du système nerveux des Invertébrés (*Ann. des Sc. nat.*, 15 p., 1 pl.).

Roché (G.). — *La pêche au grand chalut dans le golfe de Gascogne.* Paris, Masson.

Phisalix. — Recherches physiologiques sur les chromatophores des Céphalopodes (*Arch. de Physiol. norm. et pathol.*, 1893).

Jolyet. — Recherches sur la respiration des Cétacés (*Arch. de Physiol. norm. et pathol.*, 1893).

Janssens (Fr.). — *Les branchies des Acéphales* (Louvain).

Nabias (de). — *Recherches histologiques et organologiques sur les centres nerveux des Gastéropodes* (Th. de la Fac. des Sc. de Paris, 1894).

Jobert. — Recherches pour servir à l'histoire du parasitisme (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, 1894).

Sellier. — *Influence de la tension de l'oxygène sur l'hématopoièse et sur les combustions respiratoires* (Th. de la Fac. de Méd. de Bordeaux, 1894).

Jolyet et Viallanes (H.). — Contribution à l'étude du sang et de sa circulation chez les Arthropodes (*Trav. des Laboratoires*, 1895. O. Doin).

Rivière. — Étude d'un nouveau Streptothrix parasite de l'homme (*Ibid.*).

Lalesque et Rivière. — La prophylaxie expérimentale de la contagion dans la pthisie pulmonaire (*Ibid.*).

— Analyse bactériologique de l'air de la ville d'Arcachon (*Ibid.*).

— Analyse bactérioloque de l'eau du lac Cazeaux et de la ville d'Arcachon (*Ibid.*).

Pallas et Lalesque. — Recherches expérimentales sur la perméabilité de l'Alios (*Ibid.*).

Jolyet et Rivière. — Simultanéité des décharges des divers départements de l'organe électrique de la Torpille (*Ibid.*).

Jobert et Jolyet. — Expérience montrant que la Torpille reçoit partiellement la décharge qu'elle lance (*Ibid.*).

Hubert (E. d') et Boussus. — Note sur les végétaux panachés (*Trav. des Laboratoires*, 1896-97. O. Doin).

Durègne (E.). — Station robenhausienne d'Arcachon (rive Sud des Passes (*Ibid.*).

— Les dunes primitives des environs d'Arcachon (*Ibid.*).

Cannieu (A.). — Contribution à l'étude de la voûte du quatrième ventricule du Phoque. Les trous de Magendie et de Luschka (*Ibid.*).

Jolyet et Rivière. — Du retard du raccourcissement du muscle sur son gonflement (*Ibid.*).

Nabias (de). — Sur quelques points de la structure du cerveau des Pulmonés terrestres. Symétrie et fixité des neurones (*Ibid.*).

Sellier. — De l'action du système nerveux sur la circulation veineuse du foie (*Ibid.*).

Jolyet et Sellier. — Contribution à l'étude de la respiration du Phoque (*Ibid.*).

Lalesque. — L'Huître et la Fièvre typhoïde (Conférence annexée aux *Trav. des Laboratoires*, 1896-97).

I

VARIATIONS ÉLECTRIQUES

ET

TRAVAIL MÉCANIQUE DU MUSCLE

PAR

Le Dr Paul RIVIÈRE [1].

AVANT-PROPOS

Le travail que nous présentons aujourd'hui aux physiologistes est le fruit de trois années de laborieux tâtonnements. C'est avec crainte que nous le livrons à la publicité, étant convaincu de son insuffisance : nous comptons pouvoir sinon l'achever, du moins le parfaire et l'approfondir plus complètement.

Nous nous sommes efforcé de le condenser autant que possible ; nous serons doublement heureux si nous avons pu exposer clairement et avec brièveté les résultats que nous avons glanés sur notre chemin. En butte à des difficultés matérielles de toute espèce, nous tenons à remercier ceux qui ont facilité notre tâche. M. le docteur F. Lalesque a bien voulu nous ouvrir les portes de la station zoologique d'Arcachon, où nous avons exécuté une partie de nos expériences. M. le professeur Figuier n'a pas hésité à mettre à notre disposition les ressources de son laboratoire : nous avons largement usé de l'hospitalité généreuse qu'il nous a offerte ; nous sommes heureux de lui exprimer ici notre

(1) Travail extrait des *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. LII, et poursuivi, en partie, pour les recherches expérimentales, dans les laboratoires de la station zoologique d'Arcachon.

gratitude. Nous devons à M. le professeur Jolyet une reconnaissance très vive, pour les marques d'estime qu'il nous a sans cesse prodiguées; nous avons trouvé près de lui un long et inoubliable accueil; qu'il veuille bien recevoir l'hommage de notre respectueuse affection et de notre complet dévouement.

Pendant quatre années, nous avons eu le plaisir de travailler à côté de M. le professeur agrégé Sabrazès; c'est à son contact que nous avons pris le goût de la science : nous ne saurions oublier ses conseils ni attacher trop de prix à son amitié. C'est aussi dans son laboratoire qu'ont été conduites un grand nombre d'expériences rapportées dans ce mémoire.

MM. les professeurs agrégés Cannieu, Lagrange, Le Dantec, Pachon, Sigalas, MM. les professeurs Boursier, de Nabias, Picot, Lanelongue, Piéchaud, Arnozan, Viault, ont droit à notre reconnaissance.

Je suis heureux d'avoir l'occasion de manifester publiquement ma reconnaissance envers la *Société Linnéenne* de Bordeaux, qui a bien voulu se charger de l'impression de ce travail, et concurremment avec la Société scientifique d'Arcachon, a pourvu à l'exécution des planches qui y sont jointes.

Nous sommes également satisfait de remercier ici M. le docteur Méneau et M. Menier, étudiant en médecine, pour les nombreuses traductions allemandes qu'ils ont bien voulu nous faire.

La partie technique de ce travail comporte un développement assez considérable : nous avons cru qu'il était prudent et utile d'agir ainsi, afin de préciser plus sûrement les conditions de nos expériences.

A une époque où de nébuleuses hypothèses semblent parfois s'introduire dans les sciences médicales, il nous paraît utile que les physiologistes réagissent contre les dissertations plus ou moins philosophiques qui tendent à les encombrer. Nous ne voulons certes pas bannir le raisonnement; mais nous croyons avant tout que ce dernier doit reposer sur une base expérimentale sérieuse. Ce n'est pas en ergotant à perte de vue sur les rapports du conscient, de l'inconscient et du subconscient que la médecine est susceptible de progresser : laissons aux rhéteurs ou aux sophistes le soin de développer et d'embrouiller ces questions si chères à leurs esprits rêveurs ou maladifs. A mesure

que les sciences s'agrandissent, il devient de plus en plus nécessaire d'en perfectionner les méthodes; ce n'est pas en y introduisant le langage et la façon d'opérer des métaphysiciens que nous aurons quelque chance d'y apporter la précision et l'exactitude. Certes, l'étude de la psychologie devient de jour en jour plus utile et plus impérieuse; mais ceux qui la considèrent comme un simple prétexte à des phrases vides et sonores, non seulement ne l'ont point comprise, mais encore sont autant d'obstacles qui s'opposent à la recherche de ses lois véritables. Et nous n'hésitons pas à proclamer qu'en cette matière aussi, une seule manière d'agir est acceptable : c'est l'application des méthodes d'observations longues et patiemment continuées, secondées par de solides recherches expérimentales.

PREMIÈRE PARTIE

Origine de la force musculaire.

Nous ferons connaître dans ce mémoire le résultat de nos recherches sur le rapport existant entre les phénomènes électriques de la contraction musculaire et le travail extérieur exécuté par le muscle.

L'énergie potentielle accumulée au niveau de la fibre musculaire se transforme-t-elle directement en travail mécanique, ou bien un stade intermédiaire (chaleur ou électricité) se place-t-il entre l'état initial et l'état final du système considéré ? Telle est la question tant de fois discutée par les physiologistes les plus en renom, depuis l'époque déjà lointaine, où Julius Robert Mayer compara le premier l'animal à une machine à feu.

Cette opinion du « muscle moteur thermique » paraît, en effet, au premier abord, extrêmement séduisante : le combustible (glucose) dégagerait, sous l'influence d'une décomposition soudaine — véritable explosion — une somme déterminée de chaleur susceptible de fournir, par une transformation appropriée, un travail mécanique utilisable.

Hirn s'efforça de donner une vérification expérimentale de cette conception, mais c'est surtout Engelmann qui fut et qui reste encore le défenseur le plus autorisé et le plus acharné de cette doctrine. L'argument le plus décisif que l'on invoque contre elle est le fait qu'elle semble ne pas satisfaire au principe de Carnot :

$$\int \frac{dQ}{T} = 0$$

ou plus exactement que le coefficient économique d'une machine marchant d'après le cycle de Carnot ne paraît pas lui être applicable. Pour une semblable machine, on a, en effet :

$$u = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

c'est-à-dire :

Le coefficient économique est proportionnel à la chute de température $T_1 - T_2$ et en raison inverse de la plus haute température T_1 comptée à partir du zéro absolu.

Il est facile de se rendre compte que pour avoir un rendement utile, les valeurs de T_1 et de T_2 devraient, *dans le muscle*, être extrêmement différentes, ce qui revient à dire qu'au début ou à la fin du travail, la température de l'organe serait incompatible avec la vie. On comprend fort bien, en effet, qu'en attribuant à T_2 une valeur moyenne de 38°, la valeur de T_1 devrait être beaucoup plus élevée, et en tout cas supérieure à 100° centigrades.

Engelmann a cru répondre à cette objection en admettant que les transformations énergétiques, en vue de la production de chaleur, ne se passaient pas indifféremment dans toute la masse de l'organe en activité, mais bien dans des zones excessivement limitées, mais extrêmement multipliées et devant, par suite même de leur faible grandeur, être portées à une très haute température. C'est au niveau de ces « *inotagmes* » que se produirait la combustion ou, pour mieux dire, la déflagration des molécules de glucose. Sous l'action de la chaleur ainsi dégagée, les éléments biréfringents (disques sombres) s'imbiberaient, ce qui provoquerait par contre-coup, un raccourcissement de la fibre tout entière. Engelmann a imaginé d'ingénieuses expériences pour démontrer la possibilité de son interprétation ; ses muscles artificiels, formés d'une corde de boyau, se raccourcissent, en effet, sous l'influence de la chaleur et peuvent alors

soulever un poids qui retombe par suppression de la source calorifique.

Nous n'avons, disons-le bien vite, aucune prévention contre de telles idées; mais nous ne pouvons pourtant nous empêcher de faire observer que l'extrême rapidité de variation de la température du muscle s'accorde mal avec l'hypothèse de multiples foyers. Toute contraction musculaire est accompagnée d'un dégagement de chaleur; comment comprendre que cette dernière, se propageant dans un milieu aussi peu conducteur que le protoplasma, puisse aussi brusquement troubler l'équilibre thermique préexistant? Si la température du muscle échauffé par le travail qu'il produit est la moyenne arithmétique d'un grand nombre de températures locales, il faut certes que les centres de production soient étrangement rapprochés pour que cette moyenne soit sensible, alors même que la contraction a à peine débuté; et si pour un instant nous admettons que ces mêmes centres sont excessivement voisins, nous sommes forcé de croire que tout se passe comme si l'organe tout entier était tout à coup le siège de la grande production de chaleur, laquelle causerait, à n'en pas douter, la mort des éléments actifs.

Dans tous les cas, que le phénomène de la contraction musculaire puisse être rapporté soit à une expulsion de liquide du disque obscur (comme le veut Ranvier) soit à une imbibition de ce même disque (comme le veut Engelmann), on peut encore prétendre que la cause première de ce mouvement réside non dans la chaleur, mais dans la production d'un composé chimique apte à le provoquer. Ceci peut encore s'exprimer en disant : l'énergie potentielle tenue en réserve par le muscle, devient actuelle par suite de la production d'un corps agissant sur les éléments biréfringents de la fibre pour déterminer son raccourcissement. D'après Fick, le glucose musculaire donnerait par dédoublement, de l'acide lactique, et ce dernier serait précisément « l'agent provocateur ». Ainsi donc, il y aurait, au moment de la contraction, deux *processus* (1) bien distincts au niveau du muscle : 1° production d'une substance capable de modifier la tension longitudinale de l'organe; 2° apparition de cette modification.

(1) Les deux *processus* que nous signalons ici ont une signification autre que celle des *processus* de Fick.

Bunge fait observer, avec raison, que la quantité d'acide lactique pouvant être produite en vue d'un travail musculaire déterminé est hors de proportion avec la grandeur de ce travail. Mais il ajoute que l'énergie potentielle utilisée, en admettant ensuite l'oxydation *complète* du glucose théoriquement employé, suffit largement à l'assurer. Donc, dans tous les cas, nous sommes entièrement libre de concevoir la transformation *directe* de l'énergie chimique en énergie cinétique. En admettant cette donnée, et nous souvenant d'autre part que tout travail musculaire produit une certaine quantité de chaleur, nous dirons que la somme du travail fourni et de la chaleur libérée doit donner la mesure de l'énergie transformée (1) ; et continuant notre raisonnement, nous ajouterons (fait d'ailleurs connu depuis Béclard) que toutes choses étant égales d'ailleurs, un muscle contracté, mais ne fournissant qu'un *travail statique*, dégagera plus de chaleur qu'un muscle fournissant un travail mécanique de n'importe quelle grandeur.

Les quelques aperçus qui précèdent nous montrent suffisamment que outre son aptitude à produire du travail mécanique, le muscle est aussi un agent de calorification. Le *travail physiologique* (selon l'heureuse expression de Chauveau), dont il est incessamment le siège, travail qui s'exagère en vue de la production d'un effet extérieur utile, aboutit nécessairement à la formation d'une plus ou moins grande quantité de chaleur; et si le muscle est vraiment un moteur thermique, on ne comprend guère qu'il laisse celle-ci se perdre sans aucun profit. « Quelque opinion qu'on se fasse de la source de ce travail (du travail mécanique), il reste acquis que le tissu musculaire s'échauffe parfois d'une façon considérable pendant son fonctionnement. Le muscle accumule ainsi, sous forme de chaleur sensible, une quantité notable d'énergie potentielle absolument disponible. Pourquoi ne l'utilise-t-il pas, s'il en a l'aptitude et si c'est en exerçant cette aptitude qu'il provoque la contraction? Pourquoi ne transforme-t-il pas son énergie calorifique en travail physiologique? Pourquoi se crée-t-il alors incessamment de nouvelles quantités de chaleur, quand l'action du muscle se prolonge ou s'exagère

(1) Il y aurait lieu, en outre, de faire intervenir ici l'électricité qui se manifeste au moment de la secousse musculaire.

de plus en plus ? Hé quoi ! l'organe possède déjà plus d'énergie calorique qu'il n'en peut transformer en travail, et il continue à faire de la chaleur pour cet objet ! Il y a là une flagrante contradiction » (1).

Nous avons tenu à donner des deux théories précédentes, un résumé aussi substantiel et aussi clair qu'il a été en notre pouvoir de le faire; notre but n'est pas d'engager le lecteur à prendre partie pour l'une de préférence à l'autre : il est libre de choisir selon sa raison. L'une de ces hypothèses place la chaleur comme premier terme de l'énergétique musculaire; l'autre la considère comme un produit final, un *excretum* pour ainsi dire, dont l'utilité réside dans le maintien d'une température constante grâce aux phénomènes de convection dont les organes des animaux supérieurs sont constamment le siège.

Il est maintenant une autre manière d'envisager les relations existant entre cette chaleur et le travail du muscle qui l'engendre : c'est de la concevoir comme résultant de la transformation de l'énergie électrique.

Dès 1846, Joule signalait la possibilité d'assimiler le muscle à une machine électro-magnétique; mais c'est surtout dans ces dernières années que l'hypothèse du muscle moteur électrique s'est affirmée et a pris consistance.

Dans son cours du Collège de France (1882), M. le professeur d'Arsonval s'est ingénié à la défendre. D'après lui, « la réaction chimique engendrerait d'abord un courant électrique, et la chaleur ne serait que le résultat d'une seconde transformation ». Que la déformation du muscle excité puisse faire apparaître au niveau de l'organe un potentiel déterminé, rien de plus juste. Nous sommes, sur ce point spécial, entièrement d'accord avec M. d'Arsonval : la variation électrique, dans ce cas, est la conséquence de l'intervention des phénomènes électro-capillaires dont la découverte est due à Lippmann; mais de là à prétendre que l'électricité ainsi apparue est la source du travail musculaire, il y a loin. L'excitation (physiologique ou artificielle) portée au niveau de la fibre contractile détermine la transformation de l'énergie chimique qui s'y trouve emmagasinée; que le chan-

(1) Chauveau. — Du travail physiologique et de son équivalence. *in Revue Scientifique*, 1889.

gement de forme provoqué — ou même plus exactement les changements de position moléculaires — soient la cause du courant d'action (1), nous croyons qu'à ce sujet le doute n'est guère possible; mais dire qu'une certaine somme de cette énergie électrique est utilisée et reparaît sous forme de travail mécanique, c'est autre chose.

Il nous semble logique de faire observer que plus grand sera le travail fourni par le muscle, plus petite devra être la quantité d'électricité devenue pour ainsi dire libre sous forme de courant d'action; si vraiment le muscle est un transformateur électrodynamique, il est rationnel d'admettre que plus grand sera l'effort, plus petite sera la grandeur de l'énergie apparaissant en pure perte, ce qui revient à dire que la variation du travail et du courant d'action devraient s'exprimer par des courbes inverses.

En est-il ainsi en pratique? C'est à cette question que notre travail va répondre.

Pour être juste, nous devrons dire que ce sujet a déjà tenté divers savants; mais les résultats obtenus par nos devanciers ou bien sont contradictoires, ou bien manquent absolument de netteté. Du Bois-Reymond, Lamansky, Meissner et Cohn, et dans ces derniers temps Schenck et Bernstein se sont occupés de ce problème : ils en ont tous donné une solution différente, et pour certains d'entre eux, le peu de précision constatée dans leurs travaux provient d'une technique insuffisante.

Dans les pages suivantes, le lecteur pourra se rendre compte de nos procédés opératoires. Nous avons enregistré à l'aide de l'électromètre capillaire, le cours de l'oscillation électrique de muscles de divers animaux fonctionnant sous des charges différentes. L'uniformité des résultats trouvés nous paraît être une garantie de certitude.

Description des Appareils employés et Procédés opératoires.

Les divers instruments utilisés pour l'étude des phénomènes électriques demandent avant tout une installation solide et soignée. Ils doivent par suite être disposés sur un sol suffisam-

(1) Cette expression de « courant d'action » est, à notre avis, absolument impropre lorsqu'elle s'applique à la variation de potentiel électrique accompagnant la secousse musculaire.

ment stable pour ne pas vibrer sous les influences extérieures, telles que les pas de l'opérateur, le passage d'un véhicule dans le voisinage, etc.

L'électromètre capillaire dont on se servira doit être monté sur un statif tel qu'il puisse permettre un maniement commode et un centrage parfait.

Nous allons examiner avant tout les conditions que doit remplir cet appareil pour être employé avec fruit dans les recherches d'électricité musculaire.

Le principe de l'instrument est bien connu : Un tube de verre ouvert à ses deux extrémités se termine à l'un de ses bouts par une pointe capillaire extrêmement fine. Le tube est plein de mercure qui, par son poids, pénètre dans la partie capillaire et se termine par un ménisque convexe. La pointe est noyée dans une éprouvette contenant de l'eau acidulée qui vient baigner le ménisque mercuriel : une goutte de mercure est placée au fond de cette éprouvette. Lorsque le mercure du tube et celui de l'éprouvette sont mis en communication électrique, le ménisque prend dans la pointe une position déterminée et invariable : c'est le zéro de l'instrument ; si l'on intercale une différence de potentiel entre les deux mercures, le ménisque se déplace et se fixe dans une position nouvelle, et ce déplacement, évalué par une méthode appropriée, peut servir de mesure à la différence de potentiel considérée.

Il est facile de construire soi-même de très bons capillaires. Pour cela, on prend un tube en verre bien droit, de 0^m30 de longueur et d'un diamètre intérieur égal à 6 millimètres environ. A 10 centimètres d'une extrémité, on soude, dans la paroi en verre un fil de platine d'un diamètre à peine égal à $\frac{1}{2}$ millimètre. Le tube est alors soigneusement lavé à l'acide sulfurique, à l'eau distillée, à l'alcool, à l'éther et desséché. A 7 ou 8 centimètres au-dessous de la soudure du fil de platine, on pratique au chalumeau un étranglement circulaire, on étire le verre sur une longueur de 2 à 3 centimètres, en rejetant la portion amincie en dehors de l'axe du gros tube ; on coude ensuite cette région de manière à rendre l'axe de la zone étranglée parallèle à celui du grand tube. On allonge alors cette dernière partie dans une flamme très petite, de façon à obtenir un tube capillaire extrêmement fin dont on conserve une longueur de quelques millimètres.

Pour remplir l'instrument, on plonge d'abord la pointe dans de l'eau acidulée par 1/10e d'acide sulfurique chimiquement pur : le liquide remplit le capillaire et pénètre dans la portion cylindrique du gros tube On peut alors laisser tomber une goutte de mercure pur sans crainte d'emprisonner de bulle d'air dans le tube capillaire. Si cependant il restait au-dessous du mercure quelque index récalcitrant, il suffirait de les enlever par une énergique aspiration provoquée à l'aide de la pompe à mercure : il est bien entendu que pendant cette dernière opération, la pointe du tube devrait être maintenue dans l'eau acidulée. Le capillaire étant bien rempli, on le noie dans ce dernier liquide, en ayant bien soin que sa pointe vienne toucher la paroi de la cuve à eau : cette précaution est indispensable pour avoir une bonne définition microscopique du ménisque.

Les diverses expériences relatées dans ce travail ont, pour la plupart, été exécutées à l'aide de tubes d'électromètre construits par M. Chabaud. Une vue générale du dispositif expérimental est donnée planche V.

On y voit l'électromètre, et l'appareil servant à enregistrer les oscillations de la colonne mercurielle.

a) *Electromètre* (1). — Le tube de verre portant la pointe capillaire est figuré en *e e'*; sa longueur est d'environ 45 centimètres. Un ajutage latéral, soudé à 15 centimètres au-dessus de la pointe capillaire, est relié à un long tube de caoutchouc à vide *non vulcanisé, t t'*, de faible calibre, muni d'un robinet de verre et portant une cuvette C également en verre. Le tout est rempli de mercure bien purifié; un fil d'acier fin passant sur une poulie et s'enroulant ensuite sur un tambour à vis micrométrique sert à monter ou descendre le réservoir C guidé par deux fils métalliques *f f'* (2). Le capillaire est rodé sur le réservoir à eau acidulée, et sa pointe vient toucher en *p* la paroi très mince de

(1) Voir planche VI.

(2) Au moment de faire une expérience, on élève le réservoir C au haut de sa course, et on ouvre le robinet placé sur le tube de caoutchouc : le mercure remplit le tube en verre du capillaire; lorsqu'il s'écoule par la pointe, on ferme le robinet et on abaisse le réservoir; on peut alors très facilement vider le tube électrométrique de l'excès de mercure qu'il contient en manœuvrant le robinet; on arrête ainsi le ménisque au point voulu avec la plus grande précision

ce dernier. Les contacts s'établissent en *a* et *a'* à l'aide de fils de platine plongeant dans le mercure.

Le tube ainsi disposé est soutenu par une solide potence mobile dans un plan vertical sur une tige formant un prisme triangulaire sur lequel se déplace un collier à vis de pression soigneusement ajusté : le tube peut, par suite, être fixé à des hauteurs variables. La tige de soutien est vissée sur un chariot à vis micrométrique pouvant exécuter, dans un plan horizontal, deux mouvements rectangulaires. Ce chariot est rodé sur un lourd pied à vis calantes. Il porte un microscope qu'une vis de rappel permet d'amener au-devant de la pointe capillaire. Tout l'appareil peut se mouvoir autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité du support à vis calantes.

L'avantage de ce dispositif est de permettre un centrage parfait de la pointe capillaire, quelle que soit sa longueur : ce statif permet aussi d'orienter l'appareil dans une direction que l'on est toujours libre de choisir sans modifier toute une installation péniblement établie.

Les deux mercures de l'appareil sont mis en rapport avec deux bornes soigneusement isolées sur ébonite. La clef de court circuit dont nous faisons usage pour les réunir ou les maintenir séparés est formée d'un robinet de verre plein de mercure relié aux bornes par deux fils de platine : c'est le maniement de la clef du robinet qui sert à ouvrir ou fermer la communication; un tel dispositif a l'avantage de ne pas introduire dans le circuit de forces électromotrices étrangères.

Lorsque l'appareil est au repos, on ramène le réservoir C au bas de sa course; ce tour de main, indiqué par M. Limb, a l'avantage de maintenir en état de parfaite propreté le tube capillaire dans lequel se déplace le ménisque mercuriel.

b) *Appareil servant à enregistrer les déplacements du mercure.* — Le microscope de l'électromètre porte en *a a'* un obturateur à poire destiné à masquer et à démasquer le faisceau lumineux provenant d'une lampe à arc ou de Drummond dont on fait usage pour éclairer le ménisque (1). En C se voit un écran en bois,

(1) La lumière est concentrée sur la pointe capillaire au moyen d'un focus de microscope solaire. Si l'on fait usage de la lampe à arc, il est indispensable de débarrasser le faisceau de ses radiations caloriques en lui faisant traverser une cuve d'alun.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

percé d'un orifice dans le prolongement de l'axe du microscope. Un soufflet de chambre noire L est fixé sur cet écran dans la direction du faisceau divergent. La glace dépolie est remplacée par une petite boîte sans fond, figurée en M M. Cette boîte est munie sur une de ses parois latérales, d'une glace *d d'* pouvant être masquée par un rideau de velours noir. L'autre paroi est échancrée en O (voir la projection horizontale schématique de l'instrument), sur toute sa hauteur et sur une largeur de 2 centimètres environ (c'est dans cet espace que se placeront les leviers myographiques, les styles inscripteurs des divers phénomènes). Enfin, en B se trouve une grande caisse en bois parfaitement ajustée, à couvercle hermétique, et dans laquelle se meut un cylindre C à vitesses variables recouvert d'une pellicule de celluloïd sensibilisée au gélatino-bromure d'argent. Le couvercle de cette chambre obscure porte un châssis à rideau dont on voit le volet en *f' f*. Deux fentes verticales larges d'environ 1/2 centimètre, longues de 5 centimètres, sont pratiquées par les deux faces du volet, suivant l'axe géométrique passant sur la pointe capillaire et l'axe de l'objectif du microscope servant à la projection. Enfin, en *g* on voit une dernière fente verticale, à valves mobiles, en cuivre, travaillée avec soin et incrustée dans le couvercle de la caisse. La hauteur de cette fente est de 37 millimètres dans notre appareil. Nous lui donnions, en général, une largeur de 1/2 millimètre. Cette fente est parfaitement centrée par rapport à l'axe de tout l'instrument. La chambre obscure, qui peut être enlevée de la position qu'elle occupe, peut être replacée rigoureusement dans cette même situation, grâce à des guides métalliques invariables K K, portant des repères correspondant à des repères semblables tracés sur la caisse.

Il est facile de comprendre que grâce au dispositif précédent, il est possible de projeter sur la fente *g* une image du ménisque de l'électromètre capillaire. Si l'on donne aux valves une position telle que leur écartement soit moindre que le diamètre apparent de la colonne mercurielle grossie, cette dernière en se déplaçant découvrira une longueur plus ou moins grande de la fente *g*. Le faisceau lumineux projettera donc sur la surface sensible placée en arrière les ombres successives des diverses positions du ménisque obscur. Le développement photographique de la pellicule ainsi

impressionnée fera, par suite, apparaître la courbe des variations électriques traduites par l'électromètre. De même, si l'on place au-devant de *g* (dans l'espace O), les styles opaques du chronographe, du myographe, etc., on retrouvera leurs traces sur le cliché.

Comme on le voit, la méthode n'est autre que celle employée, pour la première fois, par Marey pour le même but que celui que nous poursuivons. Les appareils seuls diffèrent. Nous inspirant des dispositifs déjà utilisés par Burdon-Sanderson, Frédéricq, Limb, Schenck, etc., et de notre expérience personnelle, nous avons cherché à rendre aussi simple et aussi commode que possible, un procédé de recherches trop négligé par les physiologistes français.

Marche d'une expérience. — Maintenant que nous avons fait connaître la disposition des instruments, nous allons, une fois pour toutes, décrire la marche d'une expérience.

Le muscle à explorer étant mis en rapport avec les électrodes impolarisables de Regnault, on relie ces dernières aux bornes de l'électromètre capillaire. Le levier myographique est disposé au-devant de la fente, ainsi que le signal et le chronographe. On s'assure, en examinant à travers la glace *d d'*, que l'image du capillaire se projette bien à l'endroit voulu, et, ouvrant la clef de court circuit, on regarde si les oscillations du ménisque relatives aux contractions musculaires, ne dépassent pas les limites de la fente mobile. On enlève alors la caisse obscure et, dans le cabinet noir, on recouvre le cylindre d'une pellicule que l'on maintient à l'aide d'étiquettes gommées. On met en mouvement le régulateur de vitesse ; on obture la caisse, et on la replace dans la position qu'elle doit occuper entre ses guides repérés. Ouvrant ensuite le volet *f f'*, on laisse inscrire la position d'équilibre du ménisque, qui donne le zéro de la courbe (ou ligne des abcisses) ; on supprime alors le court circuit en tournant la clef du robinet *ad hoc,* on excite, si besoin, le muscle étudié, et on referme le volet *f f'* (1). Il ne reste plus qu'à faire apparaître l'image sur la pellicule. (Il est bien entendu que pendant l'ins-

(1) On a pris la précaution de déterminer au préalable la durée d'une révolution complète du cylindre à l'aide d'un chronomètre. En observant, à l'aide de celui-ci, le moment où l'on découvre la fente, il sera toujours possible de la refermer au

cription, le style du chronographe vibrait synchroniquement avec un diapason électrique.)

Pour exciter les muscles sur lesquels nous avons expérimenté, nous nous sommes servi d'un dispositif analogue à celui indiqué par M. Charbonnel-Salle (décharges des condensateurs). Dans certains cas, nous avons également utilisé les courants d'une petite bobine d'induction, ou les courants continus fournis par une batterie de petits éléments Daniell de faible débit. L'excitation était portée au niveau de l'organe à l'aide de petites électrodes de d'Arsonval d'une disposition particulière. On les voit représentées dans la planche VII, fig. 1. Des électrodes de d'Arsonval ordinaires, *d d* sont fixées à l'extrémité de tubes de plomb flexible. Deux bornes, isolées sur un bloc d'ébonite E, permettent de relier les bâtons d'argent aux fils conducteurs. Le tout est monté sur une douille s'adaptant sur un support approprié. Nous avons aussi quelquefois employé cette même disposition pour recueillir le courant musculaire. Dans ce cas, l'extrémité ouverte des tubes à chlorure de sodium était munie d'un fort fil de coton que l'on entortillait sur le muscle au niveau des zones à explorer. On conçoit qu'un pareil dispositif facilite considérablement la mise en place des électrodes, la flexibilité du plomb permettant de donner à l'instrument n'importe quelle position; c'est là un avantage inappréciable, car il permet d'opérer sur des muscles placés dans des situations très variées, en économisant beaucoup la place dont on dispose.

Ainsi qu'on le verra au cours de ce travail, nos recherches ont porté sur les contractions isotonique et isométrique du muscle. Pour inscrire les variations de la tension du muscle se contractant isométriquement, nous avons fait construire un petit myographe, dont on voit le dessin fig. 2, planche VII. Sur une plaque de cuivre rectangulaire, et disposée dans un plan horizontal, se trouve fixé un levier enregistreur mobile autour d'un axe O disposé dans un plan vertical. A 1 millimètre et 1/2 en dehors de cet axe, on a ajusté une tige métallique rigide, d'environ 5 centimètres de longueur, munie d'un crochet auquel on fixe le tendon du muscle en expérience. Le système constitue

moment voulu pour ne pas superposer deux courbes l'une sur l'autre. J'ai préféré employer cette méthode que celle consistant à faire ouvrir et fermer la fente par le cylindre lui-même, eu égard à sa plus grande simplicité.

en somme un levier du premier genre, dont la résistance est un ressort R en acier, soigneusement travaillé, et relié au levier à l'aide d'une barrette inflexible pourvue d'une chappe articulée en A. La distance A O est de 3 centimètres. Une pince P sert à maintenir solidement la portion osseuse sur laquelle s'insère le muscle étudié. *V* et *v'* sont deux crochets en verre qui empêchent la dérivation du courant musculaire à travers les pièces métalliques de l'appareil. En S se trouve une tige destinée à supporter le signal de Desprez. Une douille D permet d'installer le myographe sur un support de côté à réglage de Verdin. On comprend que eu égard à la très faible distance séparant le point d'application de la force du centre de rotation du levier, le raccourcissement du muscle excité sera très faible et absolument négligeable. Tout se passera donc comme si la longueur de l'organe restait constante, et la courbe tracée par la plume inscriptrice traduira les diverses phases de la tension musculaire. Cette dernière sera facile à évaluer, en remplaçant l'effort du muscle par l'action d'un poids déterminé susceptible d'amener la même déformation du ressort.

En expérimentant sur le muscle isotonique, nous ne devions considérer que le travail exécuté pendant la période dite « d'énergie croissante » ; on sait en effet que lorsque le muscle en se contractant soulève un poids qui le ramène à sa longueur primitive, il n'accomplit aucun travail extérieur.

Pour atteindre ce résultat, nous avons eu recours au dispositif suivant, planche VIII : un fort électro-aimant, E, a l'un de ses pôles disposé à 4 millimètres au-dessous d'une plate-forme circulaire de fer doux, A B, maintenue à cette hauteur à l'aide de deux ressorts *r* et *r'* ; d'autre part, le levier myographique mobile dans un plan vertical, est muni d'une barrette d'aluminium L terminée à sa partie inférieure par une pointe de platine très aiguë ; un circuit électrique peut être établi entre l'électro, le levier du myographe, la pointe de platine et une goutte de mercure dans laquelle celle-ci peut plonger ; on comprend fort bien que dans des conditions semblables la pièce A B, vivement attirée par l'électro, sera fixée sur le pôle qui la sollicite, jusqu'au moment où le circuit étant rompu par la sortie de la pointe hors du mercure, la force élastique des ressorts entraînera la plate-forme. On s'arrangera de telle sorte que la

pointe de platine quitte le mercure avant que le muscle ait pu atteindre son raccourcissement maximum ; on y arrive facilement en faisant varier la longueur immergée. Le plateau du myographe supportant les poids est amené au contact de la plate-forme de fer doux appliquée sur l'électro ; on excite alors le muscle : le levier en se soulevant, produit l'ouverture du courant d'aimantation ; les ressorts entrent en jeu, entraînent la plate-forme, et préviennent ainsi la chute des poids tenseurs du muscle. Afin que la pointe de platine ne puisse venir se replonger dans le mercure après que la secousse musculaire a été effectuée, on a placé sur le trajet du levier un ressort très doux, *s*, fixé sur un support séparé ; au moment où le style est soulevé par la contraction, il écarte sans peine le petit ressort ; mais, lorsqu'il retombe à la suite de la suppression de la charge, son poids est insuffisant pour vaincre l'obstacle qu'il rencontre de nouveau sur son chemin (1).

Avant de terminer la description des instruments utilisés dans nos recherches, nous tenons à rappeler que les excitations électriques employées pour provoquer les secousses musculaires doivent être aussi faibles que possible ; si l'on n'observait pas ce précepte, on risquerait fort d'avoir des dérivations du courant d'excitation dans l'électromètre capillaire ; il sera toujours facile de les éliminer, en usant de prudence ; on reconnaîtra que les oscillations du ménisque sont bien dues à l'électricité musculaire, lorsqu'elles ne changeront pas de sens en inversant la direction du courant excitateur.

Enfin, il est encore une autre cause d'erreur qu'il est à peu près impossible d'éviter : c'est celle qui est due à la propagation des ondes électriques ayant pris naissance dans des régions voisines de celles explorées ; cette réflexion s'applique plus spécialement au cas du cœur : il est certain que si l'on observe les oscillations du courant apparu dans le ventricule au moment de la systole, il est bien difficile de ne pas les voir troublées par le courant d'action ayant pris naissance dans l'oreillette au moment de sa contraction propre.

(1) Les poids placés sur le plateau du myographe allongent le muscle d'une quantité d'autant plus grande qu'ils sont plus lourds. Il est bien entendu que, pour chaque mesure, le levier du myographe est ramené à l'horizontale.

Étude du capillaire employé dans les recherches d'électrophysiologie.
Construction de sa courbe.

L'électromètre capillaire employé dans les travaux d'électrophysiologie, doit être mobile et sensible; il doit obéir aux variations de force électromotrice avec un temps perdu aussi petit que possible : *les instruments munis d'une pointe très courte satisfont à cette dernière condition.* Dans tous les cas, nous allons faire connaître la méthode à suivre pour rechercher la mobilité de l'électromètre.

On intercale dans le circuit de l'instrument, une F E M constituée par un élément Daniell, et une forte résistance : 20 ou 30.000 ohms; on ouvre la clef de court-circuit, et on photographie le déplacement du ménisque sur un cylindre animé d'une vitesse suffisante. Le mercure atteint sa position d'équilibre au bout d'un temps plus ou moins considérable; ce fait se traduit par une ligne plus ou moins oblique, qui joint le point zéro (instant où la F E M a été intercalée dans le circuit) et la nouvelle position pour laquelle le mercure revient à l'immobilité. La distance comptée en abcisse séparant ces deux points, fournit aisément le temps d'excursion de la colonne mercurielle. Nous donnons, planche IX, figure 1, un photogramme obtenu de cette manière. La résistance (d'un ordre de grandeur comparable à celles qui interviennent dans toutes les expériences qui seront relatées plus loin), était constituée par un muscle couturier de grenouille, tué par la chaleur, long de $0^{m}04$, disposé sur les électrodes de Regnault. On voit avec quelle rapidité le ménisque mercuriel s'est déplacé : sa ligne d'ascension est presque verticale. Sur le même tracé, le temps est indiqué en quinzièmes de seconde. Cette expérience montre que l'on peut, dans tous les cas, considérer les courbes électrométriques que nous publions, comme traduisant sensiblement la marche absolue des phénomènes électriques enregistrés.

Méthode employée pour la mesure des potentiels. — Pour évaluer le potentiel correspondant aux courbes que nous avons inscrites, nous avons imaginé une méthode d'une application

facile, et permettant une économie de temps considérable. Nous avons photographié, à un même grossissement sur des plaques sensibles immobilisées, les positions du ménisque mercuriel correspondant à des différences de potentiel connues, et variant de 1/2000e à 1/10e de volt. Nous avons ainsi obtenu une série d'ordonnées, qui, mesurées aux compas et rapportées à deux axes rectangulaires, nous ont permis de construire la courbe de l'électromètre dont nous nous sommes servi. Les différences potentielles sont comptées en ordonnées; chaque dixième de volt est séparé du suivant ou de celui qui le précède, par une longueur d'abcisse égale à 1 centimètre.

Il sera donc toujours possible d'évaluer le potentiel correspondant à une courbe donnée, pourvu que cette courbe ait été photographiée avec le même objectif microscopique que celui ayant servi pour l'échelle; la pratique nous a prouvé que, pour les recherches que nous avons entreprises, les grandeurs des niveaux électriques variant entre 1/10e et 1/2000e de volt, étaient suffisantes. Dans tous les cas, on pourra toujours construire une semblable courbe pour des F E M plus faibles que celles que nous avons mesurées.

DEUXIÈME PARTIE

Variations électriques du muscle excité.

Nous avons opéré sur le muscle en place et irrigué par le sang de l'animal, ou sur le muscle séparé de ses attaches naturelles. Les résultats obtenus dans les deux cas s'accordent tant que le muscle isolé n'a pas subi de lésions trop évidentes. En outre, nos recherches ont été effectuées avec des organes provenant de divers animaux (grenouille, lapin, cobaye). Tout ce que nous pourrons rapporter aura donc une signification générale.

Nous tenons à faire observer qu'il est extrêmement difficile d'expérimenter sur un tissu entièrement sain.

Qu'on nous permette, à ce propos, d'émettre quelques réflexions.

Les savants qui se sont occupés d'électricité musculaire peuvent être considérés comme divisés en deux camps : ceux qui admettent la préexistence physiologique du courant de repos du muscle, et ceux qui voient dans cet état électrique l'indice d'une « injure » plus ou moins grave subie par la préparation.

Du Bois-Reymond fut le représentant le plus connu de la première hypothèse. Dans son esprit, le muscle normal et au repos, est le siège d'un courant allant de la surface externe au tendon de l'organe. Lorsque celui-ci est excité, *un courant dont la direction est inverse* naît brusquement ; il donna à ce dernier phénomène, le nom de « *variation négative* ».

Hermann soutient que le prétendu « courant de repos » si longuement étudié par Du Bois-Reymond n'est autre chose que le témoin de désorganisations dont le tissu vivant est le siège à la suite de traumatismes subis au cours de l'expérience. Sur un muscle absolument sain, on ne trouve pas de courant de repos ; mais lorsque l'organe se contracte, une onde électrique apparaît et se transporte le long de la fibre musculaire avec une rapidité variable pour ainsi dire avec chaque muscle; c'est ce que Hermann appelle le « *courant d'action* ».

L'étude longtemps poursuivie de l'électricité musculaire nous fait pencher vers les idées d'Hermann.

Ce n'est ici ni le lieu, ni le moment, de plaider en faveur de la théorie que nous nous plaisons à défendre.

D'ailleurs, beaucoup de circonstances sont immédiatement favorables à notre opinion.

Il est d'abord certain qu'on aura des chances plus grandes d'opérer sur un muscle « non injurié » toutes les fois que ledit muscle sera d'une préparation plus facile. Le cœur est dans ce cas : il est relativement possible de l'isoler sans le léser beaucoup ; dans un autre travail, nous avons fait connaître, quelques-unes des circonstances spéciales qui, au point de vue de l'électro-physiologie, sont susceptibles de provoquer des altérations de cet organe.

Il est théoriquement impossible d'opérer, en électricité animale, sur des muscles absolument dépourvus de courant propre. Néanmoins, dans quelques cas plus particulièrement favorables, *mais d'une extrême rareté*, on a la satisfaction d'expérimenter sur un organe ne présentant qu'un potentiel de lésion excessive-

ment faible. Dans ce cas, on ne saurait trop se hâter, car les influences extérieures modifient très rapidement cet état d'équilibre.

Et qu'on ne vienne pas dire que les causes susceptibles de provoquer ces modifications peuvent, dans tous les cas, être prévues à coup sûr. Si parfois il est possible de les déterminer avec rigueur, il est aussi des circonstances où elles semblent échapper à la plus sagace perspicacité; car il est extrêmement difficile de savoir comment, par quoi et où la lésion a été produite.

Nous donnons, fig. 2, planche IX, la réponse électrique fournie par un gastrocnémien de grenouille non endommagé, et présentant un courant propre à peu près insignifiant : sa force électromotrice était en effet, à peine 2/1000e de volt. On voit que la courbe de l'électromètre est nettement diphasique : une première période d'ascension extrêmement brusque est très rapidement suivie d'une descente du ménisque qui, à un moment donné, s'arrête pour ainsi dire dans sa chute, pour prendre une direction nouvelle, et finalement remonte vers le zéro avec une assez grande lenteur.

On trouvera fig. 3, planche IX, la réponse du même muscle lésé en plongeant son tendon dans une solution physiologique de chlorure de sodium chauffée au voisinage de 60° ; les impolarisables étaient en rapport, l'une avec la zone rendue rigide par la chaleur, l'autre avec la portion normale. La différence avec la courbe précédente saute aux yeux : le retour du mercure à la ligne des potentiels zéro est extrêmement lent, et la deuxième phase n'est pas apparente ; elle peut même, quelquefois, s'effectuer dans le même sens que la première ; c'est ce que l'on voit avec une grande netteté sur le photogramme reproduit fig. 5, planche IX.

Ces résultats, montrent à n'en pas douter l'importance des lésions en électro-physiologie ; elles font bien ressortir la réserve prudente avec laquelle les physiologistes doivent aborder de telles recherches.

D'ailleurs, il est des agents dont la nocivité, généralement ignorée, peut troubler ou altérer la réponse électrique du muscle; la solution physiologique de chlorure de sodium doit être citée à cet égard. Déjà, Loke a constaté à l'aide du galvano-

mètre, que l'oscillation négative d'un couturier de grenouille plongé dans le sel marin à 6 pour 1000 est toujours plus grande qu'avant l'immersion. Nous avons nous-même repris cette étude ; mais en y appliquant la méthode sus-décrite, qui permet de caractériser le phénomène par une courbe qu'il trace pour ainsi dire lui-même. Les photographies 18 et 19, planche IX, se rapportent : la première, au muscle gastrocnémien d'une grenouille fraîchement préparée ; la seconde représente la réponse électrique à l'excitation de ce même muscle après immersion préalable dans une solution normale de sel. Leur examen est suffisamment éloquent pour que nous nous abstenions de tout commentaire à leur égard.

Les quelques considérations qui précèdent étaient indispensables pour bien montrer comment on doit comprendre la réponse électrique à l'excitation du muscle, et pour faire entrevoir quelques-unes des circonstances susceptibles de l'altérer. Le muscle normal semble fonctionner à la manière d'un moteur à courants alternatifs.

Lorsque l'organe considéré est sain (et il l'est lorsque dans sa préparation on s'entoure de précautions suffisantes) une excitation — directe ou indirecte — provoque l'apparition d'une onde diphasique ; lorsqu'il est lésé, cette onde est modifiée dans ses périodes par la force électromotrice créée par l'altération ; et nous ne pouvons mieux faire que de laisser ici la parole à Burdon-Sanderson :

« L'existence d'une différence de potentiel entre deux points d'un muscle peut être comprise comme indiquant : ou bien que les deux points sont au même moment dans des états différents d'activité fonctionnelle ; ou que l'un d'eux se trouve dans un état d'activité affaiblie par suite d'une lésion ; ou finalement que ces deux conditions interviennent. Dans le cas présent, nous avons évidemment affaire à la fois aux différences d'activité fonctionnelle et aux lésions. Dans toutes les lésions destructives, la partie la plus endommagée — la zone plus malade — est séparée de l'autre par une bordure partiellement altérée.

En deçà de cette région non troublée il existe une transition graduelle de l'état étroitement voisin de la normale à celui étroitement voisin de la mort, et chaque élément plus lésé est négatif par rapport à chaque élément moins lésé qui lui fait

suite. A cette gradation dans l'état physiologique des tissus pendant la période dite « de repos » doit correspondre une gradation relative aux changements déterminés dans la région lésée par le passage d'une onde d'excitation émanée de la partie saine ; car il est clair que les éléments les plus maltraités doivent répondre autrement que ceux qui le sont moins. »

Expériences sur la grandeur de la variation électrique en fonction du poids soulevé par le muscle.

Nous allons, dans la relation des expériences effectuées sur ce sujet, donner une fois pour toutes, l'examen détaillé des courbes recueillies à propos d'un seul muscle étudié. Nous nous contenterons ensuite de faire un choix parmi les résultats fournis par le très grand nombre de muscles examinés.

Nous ferons en même temps observer que les conclusions déduites de ces recherches sont applicables exclusivement aux organes à fibres striés ; nos investigations n'ont pas encore porté, en effet, sur ceux à fibres lisses; mais des travaux en cours d'exécution vont nous permettre de combler cette lacune.

Il est bien entendu que l'intensité et la forme de l'excitant employé n'ont pas varié pendant toute la durée d'une opération; sans cela, les nombres obtenus dans chacune de ces dernières, ne seraient pas comparables; c'est pour cette raison que les décharges des condensateurs devraient être utilisées, de préférence à toute autre méthode, pour provoquer la secousse musculaire; elles permettent, en effet, de connaître à chaque instant la grandeur de l'onde d'excitation.

Il est encore indispensable de maintenir les organes sur lesquels portent les manipulations, dans des conditions physiques aussi analogues que possible; aussi, le muscle étudié est-il toujours placé dans une chambre humide en verre, adaptée sur le myographe de manière à prévenir tout desséchement. Des échancrures, ménagées dans les parois de cette petite cage vitrée, permettent le passage des fils des électrodes, des crochets suspenseurs, etc.

Il est un fait maintenant bien connu : c'est que la hauteur de la courbe d'une secousse musculaire varie avec le poids soulevé ;

aussi avons-nous disposé nos expériences d'une manière telle que la charge entraînée par le muscle en contraction isotonique fût toujours abandonnée à la même hauteur; il est facile de réaliser cette condition en immergeant plus ou moins la pointe de platine de notre myographe.

Enfin, il reste encore à préciser le procédé mis en œuvre pour évaluer le travail mécanique accompli par les muscles en contraction.

En supposant la formule

$$T = P\,H$$

applicable à nos recherches, H, l'ordonnée maximum est une constante, T et P sont les deux variables, et c'est précisément la mesure de P qui est ici quelque peu délicate. Or, dans notre levier myographique, les points d'application de la puissance et de la résistance ont été, dans tous les cas, invariables. Théoriquement, nous devions prendre comme valeur de T, celle déduite du théorème des moments; mais il était pour cela nécessaire de connaître exactement P. Il n'est, dans ce but, qu'une seule méthode exacte : elle consiste à évaluer P à l'aide de la balance : ce procédé met à l'abri des causes d'erreur dues au frottement sur les axes de rotation, au défaut de centrage de la poulie myographique, etc. Le crochet où vient s'attacher le tendon musculaire est relié à celui que l'on trouve au-dessous de l'étrier supportant le plateau d'une balance de Collot; on ajoute dans le plateau opposé une tare supérieure au poids présumé dont on veut connaître la valeur; on établit l'équilibre; séparant ensuite le myographe du plateau dont il est solidaire, on n'a plus qu'à le remplacer par des poids marqués qui donnent immédiatement la mesure de P. Il est bien entendu que dans cette expérience, on a soin d'équilibrer le levier dans une position horizontale.

En tenant compte de ces indications, nous avons pu fondre de petits disques de plomb qui, placés dans le plateau du myographe, exerçaient sur le muscle des tractions équivalentes à 5^g, 10^g, etc. L'appareil ainsi « étalonné » pouvait donc être utilisé en toute confiance.

L'évaluation de T ne dépendait plus que de la connaissance exacte de la hauteur de soulèvement. Cette donnée est

facile à acquérir en mesurant directement au compas, le déplacement vertical du crochet relié au tendon du muscle pour une ordonnée maximum de la courbe musculaire considérée.

Il est maintenant, un point particulier sur lequel nous avons jugé utile de nous arrêter un moment. La secousse musculaire, exécutée en vue du déplacement de poids variables, a une durée plus ou moins grande selon la charge soulevée. Dans nos expériences, nous avons rendu H constant pour une même série de mesures. Le travail a donc varié en fonction de P; mais la *puissance mécanique* du système n'a pas été non plus la même dans chaque cas envisagé.

La courbe de la contraction musculaire exprimée par rapport au temps est de la forme

$$\int_{o}^{t_1} f(t)\,dt$$

Or, considérons deux points de la courbe infiniment voisins, et tels que la portion de courbe comprise puisse être ramenée à sa tangente. Ces deux points, projetés sur la ligne des abcisses, seront exprimés par t_1 h_1 et $t_1 + dt_1$, $h_1 + dh_1$.

$$\text{Mais } dh_1 = dt\ \text{tg}\alpha$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{dh_1}{dt}$$

$$\text{Et } \frac{dh_1}{dt} = W$$

c'est-à-dire égale la *puissance mécanique* entre les deux points considérés.

Et, lorsque h_1 et t tendent vers o, on a

$$\lim. \frac{dh_1}{dt} = W_1 \text{ au temps } t_1.$$

Ces préliminaires étant connus, nous reproduisons dans la planche X une série de photographies se rapportant aux muscles adducteurs de la cuisse d'une grenouille. Nous avons pensé qu'il était inutile de publier un plus grand nombre de courbes; notre intention, en écrivant ce travail n'a pas été de fournir aux physiologistes un album plus ou moins complet figurant les résultats obtenus : nous croyons qu'il suffit de rapporter quelques expériences typiques; les conclusions qui se déduisent de leur examen sont suffisamment nettes pour que

nous puissions nous dispenser d'en publier un plus grand nombre.

Dans le tableau que nous allons faire connaître, on remarquera que nous nous sommes efforcé d'expérimenter sur des muscles aussi réguliers que possible. C'est pour cela que nous avons eu rarement recours au gastrocnémien de la grenouille. Le couturier serait le muscle de choix. Mais la facilité et la rapidité avec laquelle il s'altère et meurt nous ont obligé de choisir un organe moins fragile. Nous avons surtout étudié les adducteurs, d'après les indications, d'ailleurs, déjà fournies par Bernstein. Ces muscles sont mieux que tous les autres, aptes à donner les réponses électriques normales aux excitations transmises, en raison même de leur régularité. Le courant de repos est généralement chez eux assez peu sensible, ou en tous cas sa force électromotrice est presque toujours moindre que celle des tissus voisins.

Les courbes myographiques qui nous ont servi à évaluer le travail musculaire sont inscrites séparément sur le cylindre enregistreur : ce procédé permet de les intégrer plus facilement et avec plus de précision; en les projetant sur la pellicule où s'impriment les variations électriques, on s'expose à les avoir beaucoup moins nettes : aussi avons-nous, dès le début, renoncé à appliquer cette dernière méthode.

Le tableau ci-dessous se rapporte à la planche X, fig. 15 à 17 :

Muscle adducteur de la cuisse d'une grenouille rousse, nerf excité par la méthode de Charbonnel-Salle. Contractions isotoniques. Force électromotrice du muscle au repos + 0v002. Température extérieure 16°.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	(1) DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	—	10	25	0.07	0.023
5	125	»	»	0.07	0.023
10	250	»	»	0.07	0.023
15	375	»	»	0.074	0.023
20	500	»	»	0.074	0.023
25	600	»	»	0.074	0.023
30	666	»	»	0.078	0.025
35	711	»	»	0.078	0.025
50	1000	»	»	0.083	0.025
75	1500	»	»	0.085	0.025

Il est facile de constater en étudiant ce tableau, que la grandeur du courant d'action ne croît pas exactement comme celle du travail. Les différences constatées, toujours assez faibles, ne sont sensibles qu'au moment où le travail mécanique développé a acquis une valeur relativement grande. La fig. 15 planche X montre l'oscillation électrométrique se rapportant au premier résultat ci-dessus (travail mécanique égal à zéro, le muscle se contractant à vide) ; on voit fig. 16 et 17 les courbes qui accom-

(1) Dans tous ces tableaux, le temps est mesuré en millièmes de secondes

pagnent les excitations suivantes. La figure 16 correspond à 20 ergs ; la figure 17 à 75 ergs.

L'examen des résultats précédents, et celui d'un très grand nombre d'autres expériences que nous ne faisons pas connaître ici, nous autorisent à conclure que la force électro-motrice du courant d'action d'un muscle exécutant un certain travail extérieur augmente à mesure que ce dernier devient plus grand.

Voici, d'ailleurs, quelques mesures qui viennent corroborer cette assertion :

Muscle adducteur de la cuisse d'une grenouille verte, nerf excité par les décharges de condensateur. Courant dérivé à l'aide des électrodes de Regnault. Force électromotrice du muscle au repos + 0v030. Contractions isotoniques. Température extérieure 16°5.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	—	12	22	0.071	0.020
6	150	»	»	0.071	0.020
10	250	»	»	0.071	0.021
20	500	»	»	0.074	0.021
24	571	»	»	0.076	0.021
27	643	»	»	0.076	0.021
29	644	»	»	0.076	0.021
30	666	»	»	0.080	0.024
38	844	»	»	0.084	0 024
40	888	»	»	0.084	0.024

Muscle adducteur de la cuisse d'une grenouille verte, nerf excité par la méthode de Charbonnel-Salle. Courant dérivé à l'aide des électrodes de Regnault. Force électromotrice du muscle au repos + 0v02. Température extérieure 18°.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	0	11	23	0.074	»
5	125	»	»	0.074	»
10	250	»	»	0.078	»
14	280	»	»	0.078	»
20	430	»	»	0.078	»
24	520	»	»	0.083	»
30	653	»	»	0.083	»
34	705	»	»	0.083	»
38	730	»	»	0.085	»
70	1000	»	»	0.085	»

Muscle gastrocnémien de grenouille, nerf excité par les chocs d'induction. Force électromotrice du muscle au repos + 0v098. Courant dérivé à l'aide des électrodes au chlorure d'argent. Contractions isotoniques. Température extérieure 17°.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	0	12	20	0.074	0.001
5	125	»	»	0.074	»
10	250	»	»	0.074	»
12	268	»	»	0.078	»
20	310	»	»	0.080	»
22	430	»	»	0.080	»
30	500	»	»	0.080	»
42	600	»	»	0.087	»
36	670	»	«	0.090	»
40	700	»	»	0.090	»

Muscle adducteur de la cuisse d'une grenouille verte, nerf excité à l'aide du chariot dit de Du Bois-Reymond. Courant dérivé au moyen des électrodes de d'Arsonval. Force électromotrice du muscle au repos + 0v039. Température extérieure 17°.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	—	11	22	0.075	0.005
5	142	»	»	0.075	»
10	285	»	»	0.075	»
20	300	»	»	0.080	»
24	520	»	»	0.080	»
27	600	»	»	0.082	»
29	660	»	»	0.082	»
30	712	»	»	0.082	»
40	800	»	»	0»088	»
70	1000	»	»	0.091	»

Muscle adducteur de la cuisse d'une grenouille verte, nerf excité par les décharges de condensateur. Courant dérivé à l'aide des électrodes de Regnault. Force électromotrice du muscle au repos + 0v008. Température extérieure 16°5.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	—	10	25	0.073	0.03
6	123	»	»	0.073	0.03
10	246	»	»	0.075	0.03
20	500	»	»	0.078	0.03
24	545	»	»	0.078	0.032
27	630	»	»	0.078	0.032
29	666	»	»	0.078	0.032
30	700	»	»	0.080	0.032
38	720	»	»	0.085	0.032
50	1111	»	»	0.085	0.032

Muscle gastrocnémien de cobaye, excité par la méthode unipolaire (Aug. Charpentier[1]. Courant dérivé au moyen des électrodes de d'Arsonval. Force électromotrice du muscle au repos + 0v04. Température 20°.

TRAVAIL EN ERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ELECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	—	11	20	0.0680	»
5	120	»	»	0.0680	»
10	240	»	»	0.0680	»
15	310	»	»	0.070	»
20	500	»	»	0.070	»
30	682	»	»	0.075	»
40	760	»	»	0.075	»
50	810	»	»	0.078	»
56	834	»	»	0.080	»
60	1120	»	»	0.081	»

Muscle gastrocnémien de cobaye, excité par la méthode de Charbonnel-Salles. Courant dérivé au moyen des électrodes de Regnault. Force électromotrice du muscle au repos + 0v07. Température extérieure 17°.

TRAVAIL ENERGS.	PUISSANCE MÉCANIQUE EN WATTS.	DURÉE de la VARIATION ÉLECTRIQUE		FORCES ÉLECTROMOTRICES (maxima) CORRESPONDANTES.	
		Phase —	Phase +	Phase —	Phase +
0	0	11	25	0.078	0.001
5	130	»	»	0.078	»
10	260	»	»	0.078	»
15	300	»	»	0.080	»
20	410	»	»	0.080	»
25	460	»	»	0 080	»
30	524	»	»	0.088	»
35	612	»	»	0.090	»
40	720	»	»	0.090	»
45	750	»	»	0.098	»

L'étude attentive de ces expériences révèle un fait intéressant : la durée des phases du courant d'action est la même quel que soit le travail fourni. L'ordonnée maximum de la courbe électrométrique varie seule avec ce même travail mécanique.

Cette remarque devient plus particulièrement évidente lorsqu'on étudie les courbes enregistrées sur un cylindre tournant avec une très grande vitesse. La surface déterminée par les limites d'excursion du ménisque s'étalent alors pour ainsi dire, et il devient très facile de mesurer la durée de la variation entre deux fractions de temps très voisines.

Voici deux tableaux se rapportant aux courbes électrométriques d'un même muscle de grenouille, fonctionnant d'abord en développant un travail de 40 ergs, puis de 200 ergs.

Muscle gastrocnémien de grenouille verte, nerf excité par la méthode de Charbonnel-Salle ; différence de potentiel initiale courant de repos + 0v003.

1° T. : 40 Ergs.		2° T. : 200 Ergs.	
Durée de la phase (1) — 10	Durée de la phase + 25	Durée de la phase — 10	Durée de la phase + 25
après $\frac{5}{1000}$ 0.035	après $\frac{5}{1000}$ 0.015	après $\frac{5}{1000}$ 0.038	après $\frac{5}{1000}$ 0.015
après $\frac{10}{1000}$ 0.07	après $\frac{10}{1000}$ 0.02	après $\frac{10}{1000}$ 0.09	après $\frac{10}{1000}$ 0.033
	après $\frac{15}{1000}$ 0.018		après $\frac{15}{1000}$ 0.019
	après $\frac{20}{1000}$ 0.005		après $\frac{20}{1000}$ 0.008
	après $\frac{25}{1000}$ 0		après $\frac{25}{1000}$ traces.

Il était intéressant de rechercher si un muscle travaillant d'abord isotoniquement puis isométriquement, les courbes électriques variaient dans un sens donné et constant entre ces deux modes d'activité.

Déjà Schenck, étudiant à l'aide d'une méthode assez semblable à la nôtre, les tétanos isotonique et isométrique concluait que l'*oscillation négative* est moindre dans ce dernier. Nous avouons ne pas comprendre pourquoi il en est ainsi. Mais, il est un fait facile à observer pour qui voudra s'en donner la peine : c'est de mesurer l'ordonnée maximum de la courbe de variation électrique pour une seule secousse musculaire isotonique et isométrique (1) (les deux contractions étant provoquées successivement sur le même organe). *On trouvera toujours une plus grande hauteur dans l'isométrie.* Voici, au hasard dans notre registre d'expériences, des mesures démontrant la réalité de ce fait :

Muscles adducteurs de la cuisse (grenouille). Différences de potentiel négatives maxima.

CONTRACTIONS ISOTONIQUES	CONTRACTIONS ISOMÉTRIQUES
— 0.075	— 0.095
— 0.080	— 0.090
— 0.085	— 0.098
— 0.076	— 0.090
— 0.084	— 0.095
— 0.085	— 0.100

Et, à notre avis, le fait que nous mettons en lumière nous paraît être fort naturel. Sans doute, dans la contraction isométrique, le changement de forme du muscle est inappréciable ou sensiblement nul : mais l'intensité des combustions est énorme : la preuve en est dans la chaleur devenue libre. Et, comme il est probable que la variation électrique est fonction de l'état moléculaire du muscle, on comprend que plus les changements seront considérables, plus grande sera cette même variation.

(1) Toutes choses étant égales d'ailleurs, bien entendu.

CONCLUSIONS

Nous venons d'exposer dans ce mémoire le début d'une critique de l'origine électrique du travail musculaire.

Nous avons prouvé, dans les pages qui précèdent, que la différence de potentiel développée au moment de la secousse musculaire entre l'équateur et le tendon de l'organe, varie dans le même sens que le travail mécanique ; ce qui revient à dire que la force électromotrice croît en même temps qu'augmentent les poids soulevés.

Mais, une conclusion semblable ne signifie point que la quantité d'électricité apparaissant pendant la contraction s'accroisse de la même manière. Un facteur nous manque pour établir cette donnée : c'est la variation de l'intensité électrique en fonction du travail produit.

Si nous parvenons quelque jour à prouver que le produit I E devient plus grand lorsque les résistances déplacées deviennent elles-mêmes plus grandes (la hauteur de soulèvement restant la même), la théorie du muscle moteur électrique sera, à notre avis, fortement compromise : si le tissu musculaire transformait l'énergie électrique en travail, il serait difficile de comprendre pourquoi la quantité d'électricité apparue extérieurement s'accroîtrait en même temps que la charge déplacée.

Enfin, il nous a semblé utile de faire intervenir dans les mesures publiées plus haut, la notion de *puissance mécanique*, et de la préciser. Elle trouvera son application lorsque nous serons en mesure de discuter les transformations énergétiques aboutissant à produire le travail mécanique.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages didactiques.

BIEDERMANN..... Électrophysiologie.

BUNGE..... La source de la force musculaire, in *Manuel de chimie physiologique et pathologique*. Paris, 1891.

CHAUVEAU..... Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente. Paris, 1891.

— ..... La vie et l'énergie chez l'animal.

ENGELMANN..... Sur l'origine de la force musculaire. Leipzig, 1893.

MAREY..... Méthode graphique. Paris, 1878.

MATTEUCCI..... Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux. Paris, 1844.

— ..... Cours d'électrophysiologie. Paris, 1854.

MAX WERWORN..... Le mouvement de la substance vivante. Iéna, 1893.

MORAT..... Électrophysiologie, in *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales.*

RICHET (Ch.) ..... Physiologie des nerfs et des muscles. Paris, 1882.

WEISS..... Technique d'électrophysiologie (*Encyclopédie des aide-mémoire de Léauté*).

Traités de physiologie de Gad et Heymans, L. Fredericq, Hermann, Landois, Viault et Jolyet, A. Waller.

Publications spéciales.

BAYLISS et E. H. STARLING. Sur les phénomènes électromoteurs du cœur des mammifères. *British Medical Journal*, 1891.

BERNSTEIN..... La théorie de l'oscillation négative. *Archiv. für die gesammte Physiologie*, 1893.

BIEDERMANN.. .. ... Courants cellulaires. *Archiv. für die gesammte Physiologie*. Bd. LIV, 1893.

Burdon-Sanderson.. La réponse électrique à l'excitation du muscle, et sa relation avec la réponse mécanique, in *Journal of Physiology*. Vol. XVIII, Nos 1 et 2, 1895.

Burdon-Sanderson et Page.

Chauveau..... Méthode nouvelle pour s'assurer si, dans les milieux vivants comme dans le monde inanimé, le travail positif « prend » de l'énergie au moteur et si le travail négatif en « donne » (*Archives de Physiologie*, Avril 1897.

— ..... Du travail physiologique et de son équivalence *Revue Scientifique*, 1888.

d'Arsonval..... Cours du Collège de France, 1882.

Engelmann..... Sur les phénomènes électriques du cœur à l'état d'activité, in *Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*. Tome XV, 1880.

— ..... Sur l'origine de la force musculaire *(Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*. Tome XXVII, pages 106 et 110.

— ..... Discussion sur l'origine de la force musculaire, d'après Fick *(Archiv. für Physiologie)*. Bd. LIV, 1893.

Hermann..... L'électromètre capillaire et le courant d'action du muscle. *Archiv. für die gesam. Physiologie*, 1896.

Koranyi et Va's..... Recherches sur le courant d'action du muscle strié *Archiv. für die gesam. Physiologie*, Bd. L. II.

Imbert..... Le mécanisme de la contraction musculaire déduit de la considération des forces de tension superficielle (*Archives de Physiologie*, Avril 1897).

Kohnstamm..... Le processus du muscle, éclairé par le procédé de comparaison isotonique et isométrique. *Archiv. für Physiologie*, 1893.

Kries..... Ueber einige beobachtungen mit dem capillarelectrometer. *Archiv. für Physiologie*, 1895.

L. Fredericq..... Sur les phénomènes électriques de la systole ventriculaire, in *Travaux du Laboratoire de l'Institut Physiologique de Liège*, 1887-1888.

Limb..... Mesure directe des forces électromotrices en unités absolues électro-magnétiques, in *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, tome VII, 1896.

Locke..... Action de la solution physiologique de chlorure de sodium sur le muscle strié *(Archiv. für die gesam. Physiologie*. Bd. LIV, 1895.

Lovén..... *Nord. Méd. Arkiv.*, 1879, tome XI.

MORAT et TOUSSAINT.. Variations de l'état électrique des muscles dans les différents modes de contraction étudiés à l'aide de la contraction induite (*Archives de Physiologie,* 1877).

POMPILIAN (M^lle^)..... La contraction musculaire et les transformations de l'énergie (*Thèse de la Faculté de Médecine de Paris,* 1897).

SCHENCK.. .... Ueber den Einfluss der Spannung auf die « negative Schwankung » des muskelstroms. *Archiv. für die gesammte Physiologie*, 1896.

WEISS..... ..... Contribution à l'étude de l'électrophysiologie (*Thèse de la Faculté de Médecine*. Paris, 1889).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE V

E' E, tube de l'électromètre capillaire.
j, robinet qui relie le tube à la cuvette mobile.
R, robinet-clef de court-circuit.
P, microscope.
a a' monture de l'obturateur.
C, écran.
L, soufflet de chambre noire.
f f' volet obturateur.
B, boîte renfermant le cylindre enregistreur.
K K, l'un des guides repérés.

PLANCHE VI

FIG. 1. — Disposition du tube et de sa cuvette :
e e', tube avec pointe capillaire rodée sur la cuvette.
P, pointe capillaire.
a a' contacts à mercure.
t t' tube en caoutchouc.
C, cuvette mobile.
R, poulie.
f' f' guides de la cuvette.

FIG. 2. — Projection horizontale schématique de l'électromètre et de l'enregistreur :
E, électromètre.
P, microscope.
L, chambre noire.
M M, caisse à verre rouge.
f f' volet.
g, fente mobile.
B, boîte de l'enregistreur.
C, cylindre à vitesses variables.
R, myographe et chronographe.
G G, écran.

PLANCHE VII

Fig. 1. – Électrodes impolarisables.
d d, tubes de verre renfermant le bâton d'argent chloruré.
E, bloc d'ébonite supportant les bornes de contact.

Fig. 2. — Myographe isométrique.
O, axe de rotation du levier myographique.
R, ressort isométrique.
A, articulation en chappe du levier et du ressort.
P pince servant à fixer le muscle.
V *v'* crochets en verre.

PLANCHE VIII

E, électro-aimant.
A B, plate-forme de fer doux destiné à soulever les poids placés sur le plateau du myographe.
r r' ressorts ; sur les côtés de la plate-forme on voit deux guides métalliques verticaux, destinés à diriger la plate-forme dans son mouvement ascensionnel.
L, barrette d'aluminium.
s, ressort destiné à supporter le levier myographique au moment de sa chute.

PLANCHE IX

(Tous les tracés se lisent de gauche à droite).

Fig. 1. — Ascension du ménisque de l'électromètre sous l'influence du courant d'un Daniell ayant traversé la résistance offerte par un muscle couturier de grenouille.

Fig. 2. — Variation diphasique normale d'un gastrocnémien de grenouille

Fig. 3 et 7. — Variation monophasique d'un gastrocnémien injurié.

Fig. 4 et 5. — Variation diphasique anormale d'un gastrocnémien dont le tendon et le tissu musculaire immédiatement voisin ont été plongés dans une solution de N à Cl à 6 pour 1000 chauffée à 60°.

Fig. 8. — Variations monophasiques d'un adducteur de la cuisse d'une grenouille lésé.

Fig. 9. — Id. Id.
Les moments des excitations sont indiqués par le premier trait noir en haut (au-dessous, le temps en 50es de seconde).

Fig. 10. — Variations anormales d'un gastrocnémien de cobaye lésé. On peut voir l'influence de l'excitation variable sur la réponse électrique du muscle ; la première variation (à gauche) correspond à l'onde de rupture d'une bobine d'induction ; la deuxième à l'onde de fermeture.

PLANCHE X

Fig. 11. — Tétanos électrique d'un muscle non lésé.

Fig. 12. — » » lésé.

Fig. 13. — » *incomplet* d'un muscle lésé.

Fig. 14. — Tétanos stychnique d'un muscle lésé.

Fig. 15. — Variation diphasique d'un muscle pour T = O.

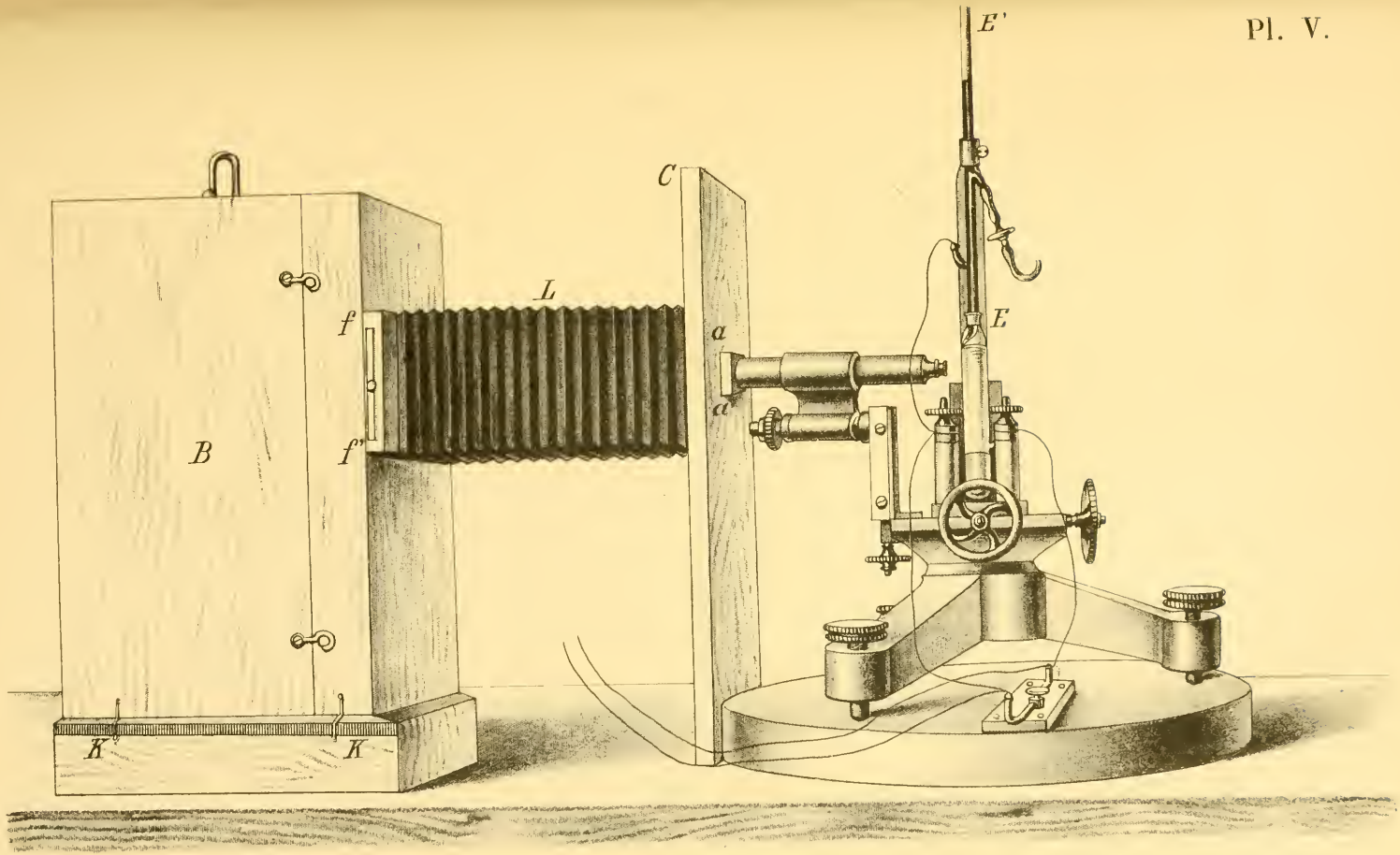
Fig. 16. — Variation diphasique du même muscle pour T = 20 ergs.

Fig. 17. — Variation diphasique du même muscle pour T = 75 ergs.

Fig. 18. — Variation diphasique d'un gastrocnémien de grenouille sain.

Fig. 19. — Variation diphasique du même muscle après immersion dans une solution de Na Cl à 6 pour 1000.

Lith. P. Chameau, Bordeaux.



NOTA. — *Une erreur de numérotage s'étant produite, les Lecteurs sont priés de vouloir considérer la Planche* **V** *comme Planche* **I**, *la Planche* **VI** *comme Planche* **II**, *et ainsi de suite.*

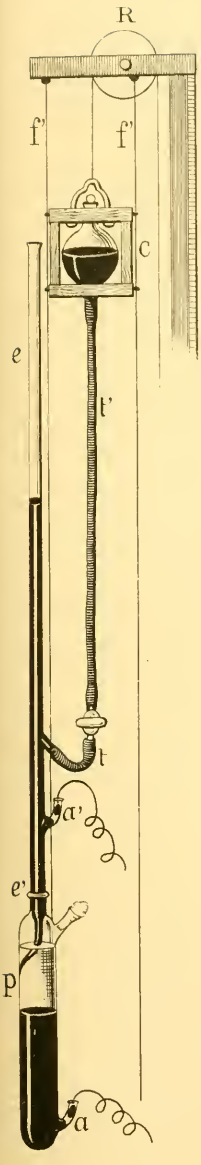


Fig. 1.

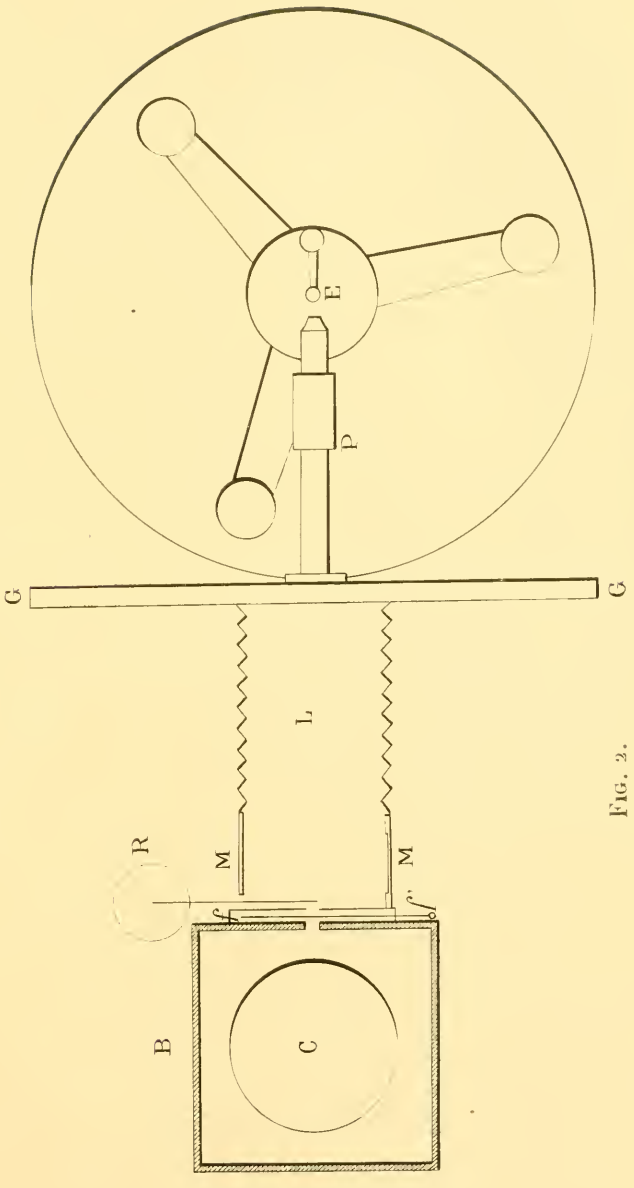


Fig. 2.

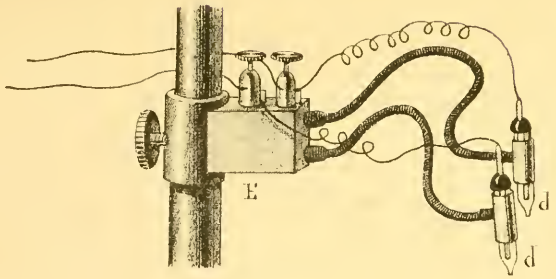


Fig. 1.

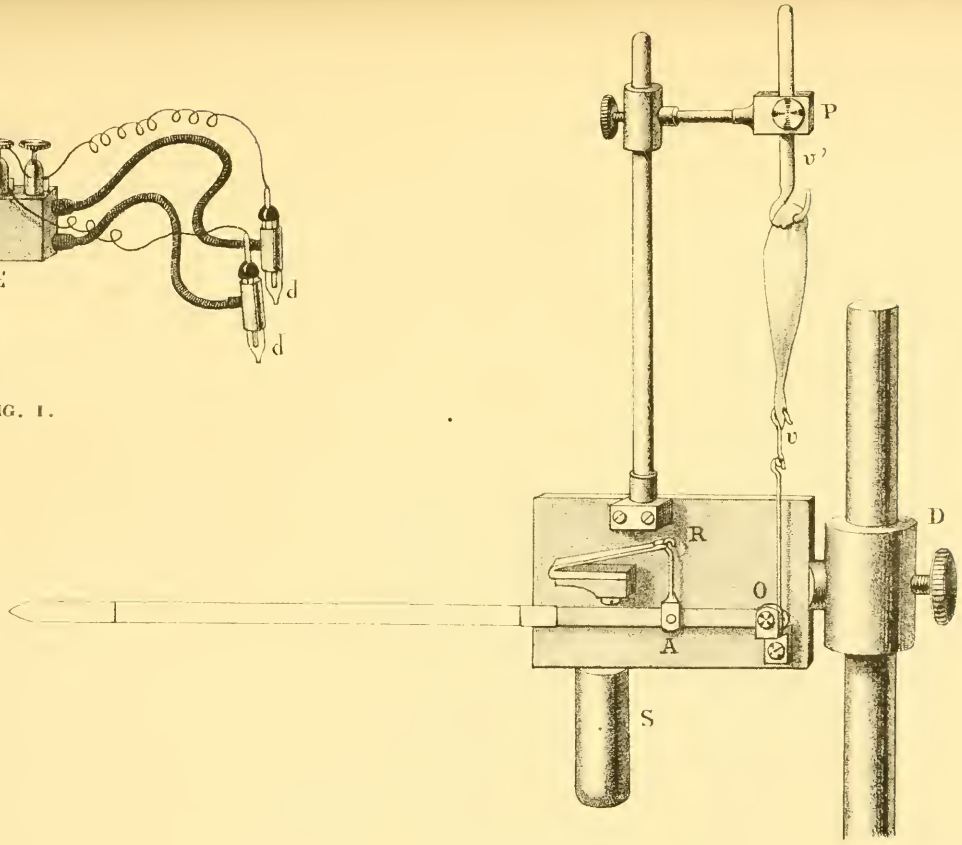
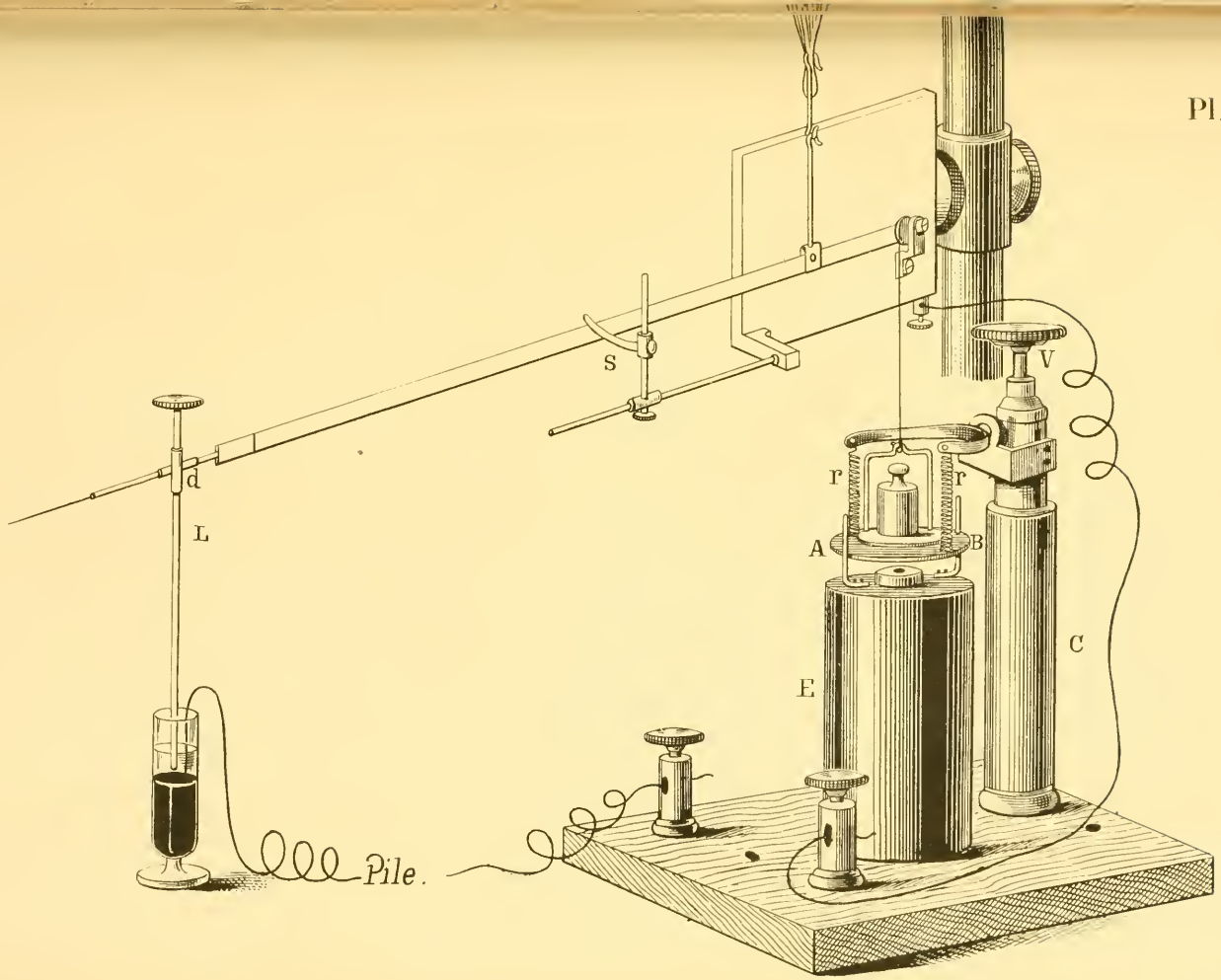


Fig. 2.

Lith. P. Chameau, Bordeaux.



Lith. P. Chomeau. Bordeaux.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

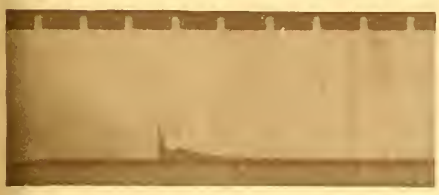


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

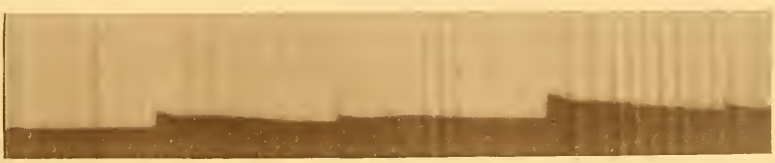


Fig. 10.

II

RECHERCHES SUR LE SYSTÈME NERVEUX
DES GASTÉROPODES PULMONÉS AQUATIQUES
CERVEAU DES LIMNÉES *(LIMNÆA STAGNALIS)*

PAR

B. DE NABIAS,

Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Historique.

Le cerveau des Limnées a été particulièrement étudié par M. de Lacaze-Duthiers (1), en 1872, et par Böhmig (2), en 1883.

M. de Lacaze-Duthiers admet l'existence de régions distinctes dans les ganglions cérébroïdes tendant à faire du cerveau un organe différencié. Böhmig, au contraire, n'admet pas ces régions et n'établit aucune différence histologique entre les ganglions cérébroïdes et les autres ganglions constitutifs du collier œsophagien. Voici, en effet, comment s'expriment les deux auteurs :

« Dans chaque ganglion (cérébroïde), dit M. de Lacaze-Duthiers, on peut admettre deux masses distinctes : l'une postérieure, *lobe postérieur,* la plus étendue, celle qui appa-

(1) H. DE LACAZE-DUTHIERS. — Du système nerveux des Mollusques gastéropodes pulmonés aquatiques et d'un nouvel organe d'innervation (*Archives de Zoologie expérimentale,* t. I, 1872).

(2) L. BÖHMIG. — Beiträge zur Kenntniss des Centralnervensystems einiger pulmonaten Gasteropoden : *Helix pomatia* und *Limnæa stagnalis*. Leipzig, 1883.

rait quand on ouvre par le dos la cavité céphalique ; l'autre antérieure, *lobe antérieur*, plus limitée et s'élevant moins haut que la première...

» Le lobe antérieur donne naissance au connectif unissant ce centre au ganglion pédieux ou antérieur, ce qui est naturel ; tandis que le lobe postérieur est uni au groupe inférieur ou asymétrique, qui, bien que placé en avant de l'œsophage, est néanmoins toujours postérieur et un peu inférieur au groupe pédieux...

» La partie dorsale ou lobe postérieur offre trois *lobules* ou régions secondaires qu'il importe de signaler.

» Le premier est placé sur le côté postérieur de l'origine de la commissure. Il se fait distinguer sur l'animal vivant par son opacité et sa teinte blanchâtre, très saillant surtout dans le *Limnæus stagnalis;* il l'est un peu moins dans les deux autres espèces *(L. auricularis, L. pereger)*. Il est formé de corpuscules relativement fort petits et qui ressemblent à ceux que l'on trouve mélangés aux gros corpuscules du milieu du ganglion. La grandeur de ces corpuscules est uniforme. Ils semblent être des noyaux qui ne dépassent pas de faibles proportions. Aussi ne trouve-t-on jamais mêlés à eux ces grands corpuscules ganglionnaires qui occupent le milieu du cerveau.

» Les imbibitions les colorent naturellement beaucoup. Aussi ce lobule prend souvent une teinte d'un rouge noirâtre par suite de la superposition des nombreux corpuscules ayant absorbé facilement la couleur carminée.

» Arrondi du côté de la commissure, ce lobule semble séparé par deux lignes formant un angle du côté du ganglion en dehors ; on croirait que le névrilème l'entoure et l'isole.

» Dans tous les Gastéropodes pulmonés, qu'ils soient ou non aquatiques, ce lobule est constant. Sa texture particulière le différencie des autres parties du centre cérébroïde et le fait reconnaître facilement à l'œil nu.

» Resterait à établir ses fonctions, et surtout ses relations avec le centre du ganglion. C'est ce à quoi des études ultérieures pourront seules conduire.

» En dehors de ce lobule et sur le bord supérieur du ganglion, un autre fait saillie et se détache un peu de la masse en s'arrondissant en haut. Celui-ci renferme des corpuscules

nerveux de toutes les grandeurs et peut être considéré comme un amas d'éléments ganglionnaires faisant saillie sur le bord supérieur du cerveau.

» A l'opposé de ce lobule supérieur, la masse du ganglion ne présente aucune particularité, et en dedans elle fournit le connectif supéro-inférieur. Quand on a établi la préparation en séparant les deux ganglions pédieux et laissant tous les connectifs intacts, on voit, presque sur la ligne qui joindrait le lobe dorsal au connectif supéro-inférieur, un mamelon arrondi qu'il serait mieux de placer tout près et immédiatement au-dessus de l'espace triangulaire latéral limité par les trois connectifs unissant les trois ganglions.

» Si l'on regarde par le dos les ganglions cérébroïdes, les ganglions pédieux étant restés unis, le lobe antérieur des ganglions est en avant, et le petit lobule dont il est question se trouve latéral et apparaît, comme une petite éminence sphéroïdale, au bord, sur le côté externe.

» Non loin de ce petit lobule, qui mérite de recevoir un nom particulier *(lobule de la sensibilité spéciale)*, et près des connectifs, on rencontre un amas de noyaux toujours petits, s'imbibant fortement et caractérisant une partie nouvelle importante des centres cérébroïdes.

» Voilà, dit encore M. de Lacaze-Duthiers, plusieurs régions faciles à reconnaître dans cette topographie encore bien insuffisante, mais que devront compléter les connaissances acquises par des études comparatives sur un plus grand nombre d'espèces. »

Nous avons tenu à citer intégralement le texte de M. de Lacaze-Duthiers qui présente un très haut intérêt.

D'autre part, Böhmig cherche à montrer qu'il n'y a nullement lieu de considérer en tant que régions distinctes ou constantes les lobes que l'on découvre sur le cerveau de ces animaux. Les ganglions cérébroïdes ont des formes variées. Plus souvent semi-cylindriques ou réniformes, leur bord se laisse découper par des entailles plus ou moins profondes en trois ou quatre lobes très apparents chez certains individus, mais il n'y a pas lieu pour cela d'établir des régions dans le cerveau, comme l'ont fait Walter et Lacaze-Duthiers.

La citation suivante est très explicite.

« ... so erhalten wir eine nieren-oder bohneartige Form, die in der That auch oft vorkommt. Bei dieser können nun am Rand wiederum mehr oder minder tiefe Einkerbungen auftreten und Veranlassung zu einer drei-oder vierlappigen, blattähnlichen Gestalt geben.

» Da bei vielen Individuen solche Lappen gut ausgebildet sind, so haben sich Walter (1) und Lacaze-Duthiers veranlasst gesehen, besondere Regionen zu unterscheiden. Ich schliesse mich diesen Forschern nicht an, weil ihre Gründe zu äusserlicher Natur sind und nicht durch besondere Lagerung und Form der Ganglienzellen unterstützt werden... »

Histologiquement, aucune distinction de régions dans le cerveau ne doit être admise. Ni la forme des cellules nerveuses, ni leur groupement, ni leur distribution ne l'autorisent. « Die Zellanordnung und ihre Vertheilung gestattet keine Eintheilung in Regionen. »

Tout ce que l'on peut admettre, c'est que, suivant la règle générale qui préside à la structure des ganglions nerveux, les grosses cellules occupent de préférence la périphérie de ces ganglions, alors que les plus petites rayonnent vers le centre. « In Allgemeinen lässt sich das schon oft erwähnte Princip, dass die grossen Zellen am meisten peripherisch, die kleinen central gelegen sind, wieder finden. »

Par conséquent, d'après Böhmig, les ganglions cérébroïdes ne présentent aucune différenciation spéciale et ne doivent pas être distingués au point de vue de la structure des autres ganglions constitutifs du système nerveux.

Ainsi, Lacaze-Duthiers et Böhmig arrivent à des résultats diamétralement opposés.

Le travail de Böhmig est postérieur de plus de dix ans à celui de M. de Lacaze-Duthiers; d'un autre côté, Böhmig a soin de dire qu'il a employé dans ses recherches une technique perfectionnée, alors que M. de Lacaze-Duthiers, se bornant à la description anatomique des ganglions et des nerfs cérébraux, a entièrement négligé le côté histologique. Böhmig dit, en effet, à propos de ce dernier :

« Letzterer beschränkt sich auf die Darstellung der aus den

(1) Walter. — *Microscop. Studien über d. Centralnervensystem wirbellos. Thiere,* 1863.

einzelnen Ganglien hervorgehenden Nerven und die äusseren Formen der Ganglienknoten; die inneren, feineren Verhältnisse hat er nicht in den Bereich seiner Untersuchung gezogen. »

Il semble donc que les résultats obtenus par M. de Lacaze-Duthiers doivent être considérés comme non avenus. En réalité, il n'en est rien, et s'il est un travail dont il ne faille pas tenir compte, c'est celui de Böhmig. Les observations de M. de Lacaze-Duthiers concernant la topographie cérébrale, bien qu'elles soient surtout anatomiques et qu'elles n'aient pas été suffisamment aidées par les recherches fines de l'histologie, sont de première importance.

Il est même remarquable de voir le chemin parcouru à cette époque dans une étude particulièrement délicate et nouvelle sans le secours des méthodes actuelles d'investigation. M. de Lacaze-Duthiers sent toutefois le besoin de ces méthodes nouvelles pour faire une étude plus complète du cerveau. « Remarquons, dit-il, qu'il sera nécessaire de faire une histologie détaillée de ce centre sus-œsophagien, car il importe d'avoir une connaissance étendue de la structure interne par région de cet organe; des difficultés très grandes s'opposent encore à ce qu'on puisse établir des principes généraux définitifs. »

Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de reprendre cette étude en l'accompagnant de démonstrations photographiques.

I

Cerveau de *Limnæa stagnalis* — Anatomie macroscopique externe.

§ 1. Technique anatomique. — Il suffit d'ouvrir par le dos une Limnée pour mettre à nu le système nerveux de l'animal. Le collier œsophagien et l'origine apparente des nerfs peuvent être étudiés avec les réactifs fixateurs ordinaires. Mais pour la dissection des nerfs cérébraux dans leur parcours et leur distribution, ce n'est pas à un animal vivant qu'il faut s'adresser, quels que soient les liquides employés pour mettre en évidence les filets nerveux. Mieux vaut choisir un animal

qu'on a laissé mourir dans son récipient d'eau. Il est encore préférable, pour avoir des animaux bien étalés, d'enlever d'abord la coquille et de placer ensuite l'animal encore vivant dans un cristallisoir entièrement rempli d'eau et muni de son couvercle. Au bout d'un ou deux jours, ou même plus, l'animal mort est dans les meilleures conditions pour la dissection des nerfs. En procédant ainsi, on évite les rétractions inévitables de l'animal vivant. De plus, les filets nerveux tranchent par leur blancheur sur les filets plus grisâtres du tissu conjonctif avec lesquels on pourrait les confondre. Si cette distinction n'est pas très nette, on l'accentue en ajoutant au bain d'eau dans lequel se fait la dissection de l'alcool par doses progressives, sans aller jusqu'au durcissement des tissus. Car c'est un des avantages du tissu conjonctif macéré, non durci par conséquent, de laisser suivre facilement les filets nerveux qu'il est impossible d'isoler dans les tissus denses de l'animal vivant. Parfois, c'est sous une grande épaisseur que l'on peut voir par transparence dans les tissus morts les arborisations nerveuses terminales les plus fines, celles que forment, par exemple, le nerf tentaculaire dans les tentacules et les nerfs labiaux dans le pourtour des lèvres, le tégument du front et les voiles labiaux. Il n'est pas jusqu'aux otocystes dont la présence ne se trouve parfois nettement révélée, dans ces mêmes conditions, sur les ganglions pédieux, sous la forme de deux petites taches opaques placées symétriquement. Il suffit d'ajouter un fragment de thymol à la préparation pour qu'elle se conserve.

§ 2. Topographie cérébrale externe. — La *figure 1* du texte représente le collier œsophagien de *Limnæa stagnalis* avec les nerfs qui partent du cerveau.

On sait que les ganglions sus-œsophagiens qui constituent le cerveau sont reliés d'une part entre eux par une commissure transversale, et d'autre part avec les ganglions sous-œsophagiens par deux connectifs : l'un antérieur (connectif cérébro-pédieux), qui les unit aux deux ganglions pédieux symétriques; l'autre postérieur (connectif cérébro-viscéral), qui les unit aux cinq ganglions viscéraux (ganglions du centre asymétrique de M. de Lacaze-Duthiers).

Dans chaque ganglion cérébroïde, on distingue un lobe antérieur ou cérébro-pédieux et un lobe postérieur ou cérébro-viscéral. Le lobe postérieur est seul différencié. On y découvre à la loupe, mais avec beaucoup d'attention, les régions indiquées par M. de Lacaze-Duthiers. Ces régions sont constantes. Ce sont :

1° Un lobe commissural blanchâtre et opaque, aplati sur le

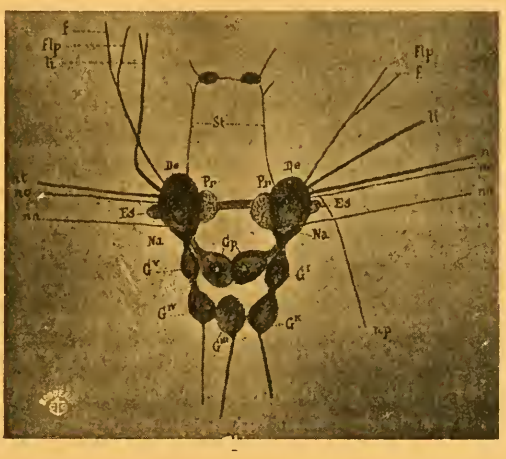


FIG. 1.

Système nerveux de **Limnæa stagnalis**. — *Pr*, procérébron; *De*, deutocérébron; *Es*, éminence sensorielle; *Na*, noyau accessoire; *Gp*, ganglions pédieux; G^{I}, G^{II}, G^{III}, G^{IV}, G^{V}, ganglions du centre asymétrique; *flp*, fronto-labial postérieur; *f*, branche frontale; *li*, labial inférieur; *nt*, nerf tentaculaire; *no*, nerf optique; *nn*, nerf de la nuque.

côté postérieur de l'origine de la commissure transverse sus-œsophagienne. Nous le désignons sous le nom de *Procérébron* (*Pr*).

2° Un lobe arrondi en haut et s'étalant en bas sur les connectifs cérébro-pédieux et cérébro-viscéral. Ce lobule, qui forme à lui seul la presque totalité de la masse du ganglion, est d'aspect jaunâtre ou rougeâtre, comme les autres ganglions constitutifs du collier œsophagien. Nous donnons à ce gros lobule le nom de *Deutocérébron* (*De*).

3° A l'origine du connectif cérébro-viscéral, immédiatement au-dessous du deutocérébron, un noyau blanchâtre comme le

procérébron, effilé en cône, très petit, presque invisible sans le secours du microscope. Nous le désignons sous le nom de *Noyau accessoire* (*Na*).

4° Enfin, sur le côté externe du ganglion, un peu au-dessus du noyau accessoire, une éminence sphéroïdale également blanchâtre, que M. de Lacaze-Duthiers a désignée sous le nom de *lobule de la sensibilité spéciale* et que nous appelons indistinctement, pour des raisons que nous développerons ultérieurement, *Organe sensoriel cérébral* ou *Éminence sensorielle cérébrale* (*Es*).

Telles sont les régions différenciées que l'on peut distinguer anatomiquement sur le cerveau de *Limnæa stagnalis*. Nous verrons plus loin, en étudiant à l'aide de coupes en série la topographie cérébrale interne, que la distinction de ces régions est fondée et mérite d'être conservée malgré les assertions contraires de Böhmig.

§ 3. Nerfs cérébraux. Origine apparente et distribution. — Les nerfs cérébraux sont en nombre constant. M. de Lacaze-Duthiers, qui en a fait une étude très détaillée, les divise en nerfs postérieurs et en nerfs antérieurs.

Les nerfs postérieurs sont : les nerfs acoustique, optique et tentaculaire, auxquels il faut joindre le nerf de la nuque.

Les nerfs antérieurs comprennent : le nerf fronto-labial postérieur, le labial inférieur, le nerf pénial, qui n'existe qu'à droite, et le connectif du stomato-gastrique.

M. de Lacaze-Duthiers décrit, en outre, comme nerfs antérieurs, les *nerfs satellites des artères labiales*. Ici, nous devons faire remarquer que ces nerfs n'existent pas, tout au moins en tant que nerfs cérébraux.

La *figure 1* montre les relations d'origine apparentes des nerfs cérébraux, à l'exception de l'acoustique qui n'est pas dessiné jusqu'à son entrée dans le cerveau. Nous les passerons très succinctement en revue pour rendre plus compréhensible notre étude ultérieure.

Nerfs postérieurs.

1° *Nerf acoustique*. — On sait que M. de Lacaze-Duthiers a fait une étude très remarquable de l'otocyste. Il a montré que

des vésicules auditives situées sur les ganglions pédieux *Gp* partent les nerfs acoustiques qui se portent en dehors en s'accolant au connectif antéro-inférieur, s'écartent de ce dernier au niveau du premier ganglion viscéral, et pénètrent dans le cerveau entre les deux connectifs cérébro-pédieux et cérébro-viscéral, sur le bord inférieur du *lobule de la sensibilité spéciale* (*Es*).

2° *Nerf optique* (*no*). — C'est un petit filet cylindrique qui prend naissance au-dessus du précédent lobule. Il est placé au-dessous du nerf tentaculaire dont il se sépare pour gagner le côté interne des tentacules où se trouve l'œil.

3° *Nerf tentaculaire* (*nt*). — Le nerf tentaculaire, très gros, prend naissance aussi au-dessus du même lobule *Es*. Arrivé à la base du tentacule, il se ramifie *simplement*, mais *n'aboutit pas à un ganglion terminal*, comme celui qui existe dans le tentacule des Pulmonés terrestres.

C'est à cause du groupement des trois nerfs acoustique, optique et tentaculaire autour du lobule *Es* que celui-ci a été désigné par M. de Lacaze-Duthiers sous le nom de *lobule de la sensibilité spéciale*.

4° *Nerf de la nuque* (*nn*). — Voici comment s'exprime M. de Lacaze-Duthiers au sujet de ce nerf.

« C'est un nerf qui se distribue aux téguments en arrière des tentacules; peut-on appeler cette partie la nuque? On voit ici quel est le but de cette dénomination, c'est de désigner la partie postérieure de la tête. » Le nerf de la nuque, très grêle, se distribue, en effet, à la partie postérieure de la tête, sur la ligne médiane, mais il étend aussi ses ramifications jusqu'aux téguments de la partie postérieure des tentacules.

M. de Lacaze-Duthiers ajoute : « Cette paire est constante; elle naît avec quelques légères différences, soit tout près du connectif postéro-inférieur, soit même de ce connectif dans sa partie la plus voisine du cerveau. »

Ce nerf naît toujours de la même manière sur le bord externe du *Noyau accessoire*.

NERFS ANTÉRIEURS.

5° *Nerf fronto-labial postérieur* (*Flp*). — Ce nerf se détache de la partie antéro-externe du cerveau, se porte en avant sur

le côté du tube digestif, se distribue sur le pourtour des lèvres et aussi, par un rameau distinct qui se détache à distance variable, sur toute la partie des téguments qui s'étendent de la bouche au voisinage des yeux et des tentacules. C'est à ce rameau très grêle, qui dans certains cas reste isolé jusqu'au cerveau lui-même, que M. de Lacaze-Duthiers a donné le nom de *nerf frontal* (*f*).

6° *Nerf labial inférieur* (*li*). — Ce nerf, plus gros que le précédent et que tous les nerfs qui partent du cerveau, naît au-dessous de ce dernier, se porte directement en haut sur un plan inférieur et, arrivé au voisinage de la bouche, se partage en deux branches : l'interne se distribue à la partie inférieure du pourtour de la bouche et l'externe s'épanouit dans le limbe des voiles labiaux.

7° *Nerf pénial* (*np*). — Le nerf pénial n'existe qu'à droite. Il prend naissance sur la partie antéro-externe du cerveau, au-dessous des nerfs fronto-labial postérieur et labial inférieur. Il passe en arrière du labial inférieur, se dirige en dehors et en bas, et gagne le dos de la verge, après avoir fourni, d'après de Lacaze-Duthiers, un rameau au canal déférent.

8° *Connectif du stomato-gastrique* (*St*). — Son origine est en dedans de celle du nerf labial inférieur, sur la face antérieure du cerveau. Il se dirige d'arrière en avant à la rencontre du ganglion stomato-gastrique correspondant. Les deux ganglions du système stomato-gastrique sont invariablement situés, comme on sait, entre la masse du bulbe lingual et la naissance de l'œsophage. Ils sont reliés entre eux par une commissure transversale et sont remarquables par leur par faite symétrie.

Nous avons dit plus haut que les *nerfs satellites des artères labiales* décrits par M. de Lacaze-Duthiers n'existaient pas. Nous n'avons jamais pu, en effet, en retrouver la trace dans nos coupes histologiques. D'ailleurs, M. de Lacaze-Duthiers lui-même n'est pas sans éprouver quelque hésitation à leur sujet. « Ce qui jette un peu de doute sur les attributions de ces nerfs, dit-il, c'est d'abord la difficulté qu'on éprouve souvent à les suivre dans les tissus; c'est ensuite le rapprochement excessif de leurs origines de celles du connectif stomato-gastrique. »

II

Anatomie microscopique interne.

§ 1. Considérations générales au point de vue histologique. — Il nous paraît inutile de reproduire ici la technique que nous avons employée pour faire l'étude de la topographie cérébrale interne du cerveau des Limnées. Cette technique est sensiblement la même que celle dont nous nous sommes servis pour l'étude du cerveau des Pulmonés terrestres (1).

Nous ne reprendrons pas non plus l'étude histologique détaillée du système nerveux des Gastéropodes. Nous dirons simplement, en nous plaçant au point de vue de cette étude purement topographique, que, chez les Limnées comme chez les Pulmonés terrestres, *Helix, Zonites*, etc., il y a lieu de distinguer dans le cerveau deux sortes de cellules : 1° des *cellules chromatiques;* 2° des *cellules ganglionnaires* (pl. I, *fig. 1* et suiv., *Pr* et *De*).

Cellules chromatiques (*Pr*). — Ce sont des cellules petites, pauvres en protoplasma et riches en chromatine, toutes de même grandeur et agglomérées en amas caractéristiques. Elles sont unipolaires, et leurs prolongements très grêles donnent lieu à la formation d'une trame fibrillaire très fine. Ces mêmes cellules, désignées parfois sous le nom de noyaux chromatiques, ont été signalées par Viallanes (2) et Saint-Rémy (3) chez les Arthropodes dans le voisinage immédiat des organes sensoriels.

Cellules ganglionnaires (*De*). — Ces cellules, répandues dans tous les ganglions du système nerveux, sont de taille variable; mais les dimensions en sont parfois considérables, surtout à la périphérie de certains ganglions viscéraux. Dans un même ganglion, les cellules périphériques sont les plus volumineuses;

(1) B. de Nabias. — *Recherches histologiques et organologiques sur les centres nerveux des Gastéropodes,* thèse pour le doctorat ès sciences. Paris, 1894.

(2) H. Viallanes. — Études histologiques et organologiques sur les centres nerveux et les organes des sens des animaux articulés, 6e mémoire (*Ann. des Sciences nat.; Zoologie,* t. XIV, 1893).

(3) G. Saint-Rémy. — Contribution à l'étude du cerveau chez les Arthropodes trachéates (*Arch. de Zoologie expér. et gén.*, 2e série, t. V *bis,* suppl. 1887).

elles diminuent de taille vers le centre d'un ganglion. En les examinant dans deux ganglions distincts, on trouve que les mêmes cellules, eu égard à leur situation, sont plus petites dans l'un que dans l'autre; c'est ainsi, par exemple, que les cellules périphériques dans le premier ganglion G^{I} du centre asymétrique n'atteignent jamais la taille des cellules périphériques des ganglions suivants G^{II} et G^{III}.

FIG. 2.

COUPE pratiquée à travers les ganglions du centre asymétrique, montrant des cellules ganglionnaires unipolaires *Cu* et des cellules bipolaires *Cb*.

Le noyau a des dimensions en rapport avec celles du globe cellulaire. Ce noyau multinucléolé se présente sous des états différents, suivant le fonctionnement de la cellule nerveuse. Il peut être amæboïde ou lobé, comme cela est indiqué planche I, *figure 1*, *nl*, et planche II, *figure 6*, *nl*, et donner lieu ainsi à tous les aspects d'une division indirecte. Nous citons ici ce fait nouveau concernant le noyau des cellules nerveuses, en attendant que nous puissions en faire une étude détaillée dans un mémoire spécial.

Les cellules ganglionnaires sont pour la plupart unipolaires. Le corps cellulaire occupe la périphérie des ganglions et le prolongement rayonne vers le centre. Ce prolongement, nettement fibrillaire, est une émanation directe du protoplasma

cellulaire; ses dimensions sont en rapport avec l'épaisseur de la couche protoplasmique qui lui a donné naissance. S'il est grêle dans les cellules chromatiques pauvres en protoplasma, il est gros dans les cellules ganglionnaires dont la couche protoplasmique est plus épaisse, et cela d'autant plus que les cellules sont d'une plus grande taille (pl. III, *fig. 9*, *Cg*).

Le prolongement unique des cellules ganglionnaires ne se divise généralement qu'après un certain trajet, lorsqu'il approche du centre d'un ganglion ou lorsqu'il arrive à l'extrémité des nerfs. Parfois, pour des cellules centrales, lorsque le corps cellulaire est appliqué contre un nerf, un connectif, une commissure, le corps protoplasmique se scinde immédiatement en deux prolongements de direction opposée (*fig. 2* du texte, *cb*). La cellule bipolaire *cb* appartient à un ganglion du centre asymétrique. On peut trouver facilement des cellules du même type dans les ganglions du stomato-gastrique où elles paraissent être en nombre constant et occuper une place fixe.

Substance ponctuée. — Dans l'épaisseur des ganglions, les prolongements et leurs divisions forment une trame fibrillaire dont la finesse est en rapport avec celle des cylindraxes ou des divisions protoplasmiques qui la constituent. Cette trame fibrillaire est très fine et très homogène au voisinage des cellules chromatiques, dont les prolongements sont eux-mêmes très grêles et de dimensions sensiblement égales. C'est à cette trame fibrillaire nerveuse plongeant dans la névroglie que Leydig a donné, à tort, chez les invertébrés, le nom de *substance ponctuée*.

Origine des nerfs. — Les divisions cellulaires se perdent dans la trame des ganglions ou se rendent dans les nerfs. Ceux-ci ont une origine directe. Böhmig, adoptant la conception formulée par Leydig, admet que les nerfs chez les Limnées prennent leur origine dans la *substance ponctuée;* il n'entrevoit pas le lien qui existe entre les fibres des nerfs et les prolongements des cellules ganglionnaires. Aujourd'hui, nous ne croyons pas qu'il existe un histologiste qui, au courant des méthodes modernes, admette encore, chez les invertébrés, l'origine indirecte des nerfs. Retzius (1), qui a employé la

(1) Retzius. — *Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen.* Neue Folge, 1, 1890.

méthode d'Ehrlich chez les Crustacés, a vu admirablement les cylindraxes des cellules nerveuses se jeter directement dans les nerfs.

Par les colorations à l'hématoxyline, suivant les méthodes de Heidenhain ou de Viallanes, et au moyen de coupes en série, nous avons fourni nous-même une démonstration péremptoire de l'origine directe des nerfs dans les ganglions viscéraux de l'Aplysie et dans les centres nerveux des Pulmonés terrestres. Nous avons même cherché à expliquer les nombreuses contradictions des auteurs en montrant que les difficultés qu'il y a à suivre les cylindraxes nerveux chez les invertébrés tiennent, non pas seulement aux imperfections des colorations employées, mais aussi aux anses ou courbes que forment les prolongements nerveux dans l'épaisseur des ganglions avant de se diriger dans la continuation des nerfs[1].

Dans les figures reproduites dans les planches de cet opuscule, on peut également saisir de-ci de-là le passage direct d'un prolongement axile dans les nerfs. C'est ainsi qu'on voit, par exemple, assez nettement, les prolongements des cellules ganglionnaires (*Cg*) du lobe cérébro-viscéral de *Limnæa stagnalis* (pl. I, *fig. 3*) se jeter directement dans le nerf tentaculaire *nt*. A cause des anses que forment les cylindraxes, la continuation des prolongements cellulaires avec les fibres des nerfs n'est facilement perçue que lorsque les coupes se trouvent orientées dans la direction des anses.

§ 2. Topographie cérébrale interne. — Si les recherches purement anatomiques ne permettent pas d'établir d'une manière certaine des régions distinctes dans le cerveau d'un animal, il n'en est pas de même lorsque des recherches histologiques très minutieuses se superposent aux études anatomiques et conduisent à des résultats identiques.

En pratiquant des coupes sériées dans le cerveau des Limnées, on découvre très nettement, chacune avec son caractère spécial, les régions indiquées dans l'étude anatomique externe sous les noms de procérébron, deutocérébron, noyau accessoire et éminence sensorielle.

[1]) B. de Narias. — *Loc. cit.*, p. 106 (origine directe des nerfs).

Procérébron (pl. I, *fig. 1* et suiv., *Pr*). — Chez les Limnées, le procérébron est un lobe commissural. A propos de ce lobe commissural, M. de Lacaze-Duthiers, ainsi qu'on l'a vu plus haut (1), s'est exprimé ainsi : « Dans tous les Gastéropodes pulmonés, qu'ils soient ou non aquatiques, ce lobule est constant. Sa texture particulière le différencie des autres parties du centre cérébroïde et le fait reconnaître facilement à l'œil nu. »

FIG. 3.

COUPE OBLIQUE PROFONDE PRATIQUÉE DANS LE CERVEAU D'**Helix aspersa.** (La coupe ne prend que le ganglion cérébroïde gauche.) — *Pr*, procérébron; *Cc*, cellules chromatiques du procérébron; *Sp*, substance ponctuée fine et homogène du procérébron; *Mc*, mésocérébron dont les cellules ganglionnaires volumineuses forment le faisceau pyramidal direct *fd* qui se rend dans les ganglions pédieux; *Cm*, commissure transverse sus-œsophagienne; *Lv*, lobe viscéral; *Lp*, lobe pédieux.

Que ce lobule soit constant, c'est exact. Mais qu'il soit homologue ches tous les Gastéropodes pulmonés terrestres ou aquatiques, c'est ce que nous ne pouvons admettre pour notre part à la suite d'une étude histologique comparée.

(1) Voir Historique, p. 44.

Le lobe commissural des Limnées n'a rien de commun histologiquement avec le lobe commissural des Pulmonés terrestres. Chez ces derniers, le lobe commissural que nous avons désigné sous le nom de *mésocérébron* (*fig. 3* du texte, *Mc*), est constitué par des cellules ganglionnaires volumineuses dont les prolongements forment un faisceau principal (*fd*), qui se rend dans les ganglions pédieux. Chez les Limnées, au contraire, ce lobe commissural est constitué par des cellules analogues à celles du procérébron des Pulmonés terrestres, c'est à dire par des cellules chromatiques. Et c'est d'ailleurs à cause de cette analogie cellulaire et malgré la différence de situation que nous lui avons donné le nom de procérébron.

Chez les Pulmonés terrestres, le procérébron, primitivement désigné sous le nom de protocérébron [1], a une forme conique et se trouve constitué par deux parties sensiblement égales : l'une externe, *cc*, formée uniquement par un amas dense de cellules chromatiques; l'autre interne, *sp*, formée par une substance ponctuée homogène, très fine et relativement indépendante de la commissure sus-œsophagienne. Le procérébron des Pulmonés terrestres constitue une région cérébrale des plus caractéristiques.

Chez les Limnées, le procérébron forme comme un demi-manchon aplati sur la partie postérieure de la commissure; c'est comme une sorte de bouclier formé de cellules chromatiques en rapport direct avec les fibres commissurales. Cependant, on trouve aussi, en dedans de ce bouclier, une trame de substance ponctuée très fine qui, au premier abord, pourrait passer inaperçue avec des coupes mal orientées. Elle est l'émanation naturelle et directe des cellules chromatiques qui s'intriquent avant de prendre contact avec les fibres de la commissure et les fibres centrales du ganglion (pl. I, *fig. 2, 3, 4*). Cette trame est d'autant plus mince que le manchon chromatique a lui-même peu d'épaisseur.

Le lobe commissural des Limnées rappelle le procérébron des Pulmonés terrestres, non seulement par sa structure, mais encore par les relations qu'il contracte avec les nerfs

[1] E. Perrier a remplacé le nom de protocérébron par celui de procérébron (*Traité de Zoologie*, Paris, 1897).

tentaculaire et optique. Ces deux nerfs, chez les Pulmonés terrestres, passent à la partie postérieure du procérébron, entre la couronne chromatique externe et la masse ponctuée interne. Chez les Limnées, les fibrilles du procérébron sont aussi en relation directe avec les fibres nerveuses de ces derniers nerfs. Dans la *figure 3*, planche I, on voit les fibrilles du procérébron *pr* se diriger en dedans, faire irruption dans le centre du ganglion et se mêler aux fibres qui vont directement aux nerfs tentaculaire et optique *nt*. Il y a lieu de noter ici que la direction des nerfs tentaculaire et optique, qui est oblique de bas en haut chez les Pulmonés terrestres, de manière à former un angle légèrement obtus avec la commissure, devient nettement transversale chez les Limnées, comme si ces nerfs étaient une continuation extra-cérébrale de la commissure. Et c'est ce qui explique peut-être la topographie différente des mêmes régions cérébrales chez ces deux types de Gastéropodes.

Deutocérébron (*De*). — Le deutocérébron (pl. I, *fig. 1* et suiv., *De*) est immédiatement juxtaposé au procérébron dont il se distingue par un aspect cellulaire entièrement différent. Les cellules du deutocérébron sont des cellules du type ganglionnaire, de celles que l'on rencontre dans tous les ganglions et qui, si elles existaient seules dans les centres cérébroïdes à l'exclusion des cellules chromatiques, ne permettraient pas de distinguer de régions dans ces centres. C'est pour ne pas avoir vu ces cellules chromatiques que Böhmig a assimilé les ganglions cérébroïdes aux autres ganglions du collier œsophagien.

Le deutocérébron forme une masse arrondie au-dessus de la commissure, mais il se confond en avant et en arrière avec les lobes pédieux et viscéral. Ces derniers offrent le même aspect histologique que le deutocérébron, dont ils ne se séparent par aucune limite distincte. Il n'y a pas lieu par conséquent de leur attribuer de nom spécial, à moins de les désigner par le terme de post-cérébron.

Par ses relations avec la commissure qu'il enveloppe en dehors du procérébron et avec les fibres descendantes du lobe pédieux qu'il contribue à constituer, ce deutocérébron peut être comparé, si l'on veut encore établir des analogies,

avec le mésocérébron des Pulmonés terrestres malgré la différence de situation.

Noyau accessoire (pl. I, *fig. 2, 3, 4;* pl. II, *fig. 5, 6, 7, 8, Na*). — Il est constitué des mêmes cellules que le procérébron. Il offre, avec le connectif cérébro-pédieux, les mêmes rapports que le procérébron avec la commissure. C'est sous la forme d'une petite calotte semi-sphérique que les cellules chromatiques du noyau accessoire se disposent à la partie postérieure du connectif cérébro-pédieux. Les fibres du connectif cérébro-pédieux se continuent avec celles de la commissure, à tel point que certaines fibres en rapport avec le noyau accessoire à la partie postérieure du lobe cérébro-viscéral peuvent l'être aussi, après être arrivées au niveau de la commissure, avec le procérébron. Et c'est pour cela que nous avons donné à cet amas si caractéristique de cellules chromatiques le nom de noyau accessoire du procérébron.

Le noyau accessoire est en rapport avec un nerf constant, *le nerf de la nuque de M. de Lacaze-Duthiers* qui, ainsi que nous l'avons déjà dit, se termine à la base des tentacules et sur les téguments avoisinants situés à la partie postérieure de la tête. Ce rapport entre le noyau accessoire et le nerf de la nuque se trouve heureusement démontré dans les photographies 2 (pl. I) et 7 (pl. II).

Dans cette dernière, il semble même que certaines cellules tournées dans la direction du nerf envoient leurs prolongements cellulaires dans la trame de ce dernier, comme pour en former les fibrilles constitutives.

Éminence sensorielle : Lobule de la sensibilité spéciale de M. de Lacaze-Duthiers (pl. II, *fig. 5, 6, 7, 8, Es*). — Ce qui caractérise essentiellement cette éminence sensorielle, c'est la présence à son extrémité conique d'une sorte de cratère ou fossette sur le pourtour de laquelle sont disposées parallèlement des cellules bipolaires comparables aux cellules olfactives (*fig. 4* du texte, *cb*). Les prolongements externes de ces cellules pénètrent dans l'intérieur de la fossette et forment une bordure régulière donnant la sensation d'une rangée de cils vibratiles. Les prolongements internes se dirigent en dedans vers le centre du cerveau, où ils contractent des relations intimes avec des faisceaux fibrillaires se rendant aux

nerfs tentaculaire et optique qui, ici, sont unis l'un à l'autre (pl. II, *fig. 8*).

A la base de l'éminence sensorielle et au-dessous des cellules bipolaires qui forment à la fossette une bordure si caractéristique, se trouvent des cellules du type ganglionnaire *Cg*, comme il en existe ordinairement dans les organes de sensibilité spéciale. Ces cellules sont destinées sans doute à mettre en mouvement les organes éveillés par les sensations perçues par les cellules bipolaires au niveau de la fossette.

FIG. 4.

ÉMINENCE SENSORIELLE CÉRÉBRALE CHEZ **Limnæa stagnalis** (Lobule de la sensibilité spéciale de M. de Lacaze-Duthiers. — *fo*, fossette située au sommet de l'éminence sensorielle; *cb*, cellules bipolaires ou cellules de bordure de la fossette; *cg*, cellules ganglionnaires situées à la base de l'organe sensoriel.
(Cette épreuve a été obtenue avec la coupe représentée pl. II, *fig. 6*.)

M. de Lacaze-Duthiers a donné à l'éminence sensorielle que nous venons de décrire le nom de lobule de la sensibilité spéciale, parce que c'est autour de ce lobule que se groupent les origines des nerfs optiques, acoustiques et tentaculaires, ces derniers étant considérés par beaucoup de malacologistes comme les nerfs de l'olfaction.

Il n'est pas douteux que ce lobule, de par sa structure histologique, ne soit en rapport avec la sensibilité spéciale;

mais constitue-t-il un centre unique de sensibilité pour les nerfs optiques, acoustiques et olfactifs, ou pour une paire d'entre eux seulement? Cette dernière hypothèse ne serait-elle pas plus vraisemblable et n'y aurait-il pas une relation entre l'existence de cet organe sur le cerveau et l'absence de ganglion nerveux différencié dans le tentacule? Cet organe n'existe pas, en effet, dans le cerveau des Pulmonés terrestres, mais il existe par contre des ganglions nerveux à l'extrémité des tentacules.

Toute conclusion serait hâtive en ce moment. Nous reprendrons cette question en étudiant le cerveau des Planorbes et des Physes. Nous verrons alors si les tentacules de ces animaux, qui sont cylindriques et non aplatis comme ceux des Limnées, ne renferment pas de ganglion basilaire pouvant remplacer le ganglion terminal des Pulmonés terrestres. Il semble, en effet, *a priori,* que les tentacules doivent être parfaitement homologues chez les divers types de Gastéropodes.

Si nous n'avons pas maintenu le nom de lobule de la sensibilité spéciale donné par de Lacaze-Duthiers, c'est parce que sous le même nom on a désigné le procérébron des Pulmonés terrestres. Les apparences anatomiques permettaient de faire ce rapprochement. Ce n'est que par les recherches histologiques qu'on a pu se rendre compte des différences existant entre des lobules de même nom et qu'on a pu voir, chose inattendue, que l'éminence sensorielle des Gastéropodes aquatiques n'existe pas sur le cerveau des Pulmonés terrestres qui n'en sont pas moins pourvus des nerfs optiques, acoustiques et tentaculaires.

§ 3. Origine réelle des nerfs. — Les nerfs cérébraux ont été divisés en nerfs postérieurs et en nerfs antérieurs.

nerfs postérieurs.

1° *Nerf acoustique.* — Nous n'avons pas pu réussir à le mettre nettement en évidence pour la reproduction photographique. Nous n'ajouterons donc rien à ce qu'a déjà dit M. de Lacaze-Duthiers (1) à propos de ce nerf chez les Gas-

(1) H. de Lacaze-Duthiers. — *Loc. cit.*, p. 446, 1872.

téropodes aquatiques et à ce que nous en avons dit nous-même, en 1894, dans nos recherches histologiques et organologiques sur les centres nerveux des Gastéropodes (1).

2° *Nerf optique* (*no*). — Le nerf optique paraît constitué par deux faisceaux : l'un antérieur, émanant du procérébron et suivant parallèlement la commissure; l'autre postérieur, en relation avec les fibres internes de l'organe sensoriel (pl. I, *fig. 4*, et pl. II, *fig. 8*). Les fibres du faisceau antérieur traversent le mésocérébron de dedans en dehors, sur le plancher de substance ponctuée qui recouvre les deux connectifs cérébro-viscéral et cérébro-pédieux. Les fibres du faisceau postérieur se dirigent d'arrière en avant vers le tronc commun formé par la masse des deux nerfs optique et tentaculaire. Bien qu'il ne soit indiqué par aucun signe spécial, le faisceau postérieur est nettement visible sur la *figure 8* de la planche II.

3° *Nerf tentaculaire* (*nt*). — Placé au-dessus du nerf optique, auquel il est intimement juxtaposé, le nerf tentaculaire semble prolonger, du côté externe, en dehors du cerveau, la commissure transverse sus-œsophagienne. Il traverse les fibres montantes commissurales des connectifs cérébro-palléal et cérébro-pédieux. Il est en relation, en dedans, à l'origine de la commissure, avec les fibrilles fines du procérébron, comme le nerf optique, et, en dehors, avec le même faisceau postérieur qui se rend à ce dernier après avoir contourné les prolongements internes des cellules de l'éminence sensorielle (pl. II, *fig. 8*). Il reçoit aussi des fibres directes du centre cérébro-viscéral. On voit en *Cg* (pl. I, *fig. 3*) des cylindraxes émanant des cellules ganglionnaires de ce lobe se jeter directement dans le nerf tentaculaire. Ce nerf s'épanouit par des arborisations de plus en plus fines dans la lame triangulaire aplatie qui forme le tentacule, mais sans aboutir jamais à un ganglion olfactif terminal, comme celui que nous avons décrit chez les Pulmonés terrestres (2).

4° *Nerf de la nuque* (*nn*). — Ce nerf est en relation, comme nous l'avons vu plus haut, avec le noyau accessoire.

La photographie 2 de la planche I montre que le nerf de la

(1) B. DE NABIAS. — *Loc. cit.*, p. 115 et suivantes.
(2) B. DE NABIAS. — *Loc. cit.*, pl. V, *fig. 103* et *104*.

nuque est nettement postérieur comme le noyau accessoire lui-même. Cette photographie représente, en effet, une des premières coupes qui traversent d'avant en arrière la partie postérieure du ganglion cérébroïde droit.

La photographie 7 de la planche II montre, avec une orientation différente, cette situation postérieure, et elle permet de voir, en outre, que les prolongements des cellules du noyau accessoire semblent contribuer à la constitution du nerf lui-même.

Il nous a semblé que ce nerf pouvait être comparé au nerf péritentaculaire externe des Pulmonés terrestres.

NERFS ANTÉRIEURS.

5° *Nerf fronto-labial postérieur* (*Flp*). — Ce nerf donne naissance à une branche qui a été désignée sous le nom de nerf frontal. Cette branche se laisse suivre parfois isolément jusque dans le cerveau. Certaines coupes que nous n'avons pas reproduites établissent des relations entre les faisceaux constitutifs de ce nerf et la partie postérieure du lobe viscéral au contact du noyau accessoire. Ce nerf frontal pourrait donc bien être à son tour l'homologue du nerf péritentaculaire interne des Pulmonés terrestres. Quant au nerf fronto-labial postérieur proprement dit, il serait assimilé au nerf labial interne.

Le nerf fronto-labial postérieur est indiqué dans les *figures 9* et *11* de la planche III. Après avoir reçu un grand nombre de fibres montantes émanant du connectif cérébro-viscéral, il émerge à la partie antéro-externe du lobe pédieux, en dehors d'une cellule géante fixe *Cg*, comme cela a lieu pour le nerf labial interne des Pulmonés terrestres. Il paraît donc bien devoir être assimilé à ce dernier.

Avant de quitter le cerveau, il envoie un faisceau important venant du lobe cérébro-viscéral au nerf labial inférieur (pl. III, *fig. 11*, *Flp*). On voit apparaître ainsi, aux dépens du fronto-labial postérieur, une sorte d'*Y* très caractéristique à la partie antéro-externe du cerveau.

6° *Nerf labial inférieur* (*Li*). — Le nerf labial inférieur, qui rappelle le nerf labial médian des Pulmonés terrestres, est le plus gros des nerfs cérébraux. Dans la *figure 9* de

la planche III, il est croisé par le nerf pénial qui se dirige d'avant en arrière au-dessous du fronto-labial postérieur. Il est surtout en rapport, comme le nerf pénial, avec la partie antéro-externe du lobe cérébro-pédieux. Toutefois, il contracte des relations avec le lobe cérébro-viscéral, grâce au faisceau si caractéristique que lui envoie le nerf fronto-labial postérieur. Il est en rapport, en dedans, avec les origines du stomato-gastrique.

7° *Nerf pénial* (*np*). — On le voit sortir sur le côté externe du lobe pédieux, dans le ganglion cérébroïde droit, entre les nerfs fronto-labial postérieur et labial inférieur, en dehors du stomato-gastrique. Il est essentiellement constitué par des fibres émanant du connectif cérébro-pédieux. Les prolongements des cellules cérébrales ne semblent pas constituer les fibres nerveuses de ce nerf. Toutefois, le nerf pénial a des relations de fibres intimes avec le fronto-labial postérieur, le labial inférieur et même le stomato-gastrique.

Chez les Pulmonés terrestres, la présence de ce nerf ne dérange nullement la symétrie cellulaire cérébrale. Ce fait nous avait paru assez intéressant pour en fournir une démonstration photographique (1). Dans le cerveau des Pulmonés terrestres (*Helix, Arion, Zonites*, etc.), on trouve deux grandes cellules unipolaires : l'une dans le ganglion cérébroïde droit, l'autre dans le ganglion cérébroïde gauche, qu'on ne peut confondre avec aucune autre cellule du cerveau, en raison de leur forme, de leur situation et surtout de leur taille. Ce sont des *neurones* géants. Elles occupent identiquement la même place dans le ganglion cérébroïde droit et dans le ganglion cérébroïde gauche. Elles sont situées dans la partie profonde du lobe cérébro-pédieux, en dedans du nerf labial interne. D'après la règle générale qui préside à la disposition des cellules nerveuses dans les ganglions, le corps cellulaire fait saillie à la périphérie, du côté de la face inférieure du cerveau, tandis que le prolongement rayonne vers le centre.

Nous avons cherché ces mêmes cellules chez les Limnées,

(1) B. DE NABIAS. — Sur quelques points de la structure du cerveau des Pulmonés terrestres; symétrie et fixité des neurones, avec une planche en phototypie (*Bull. de la Société scient. et Station zoolog. d'Arcachon*, Bordeaux, 1898).

et nous avons été assez heureux pour les mettre en relief (pl. III, *fig. 9, Cg*). Il semble donc que, chez les Gastéropodes pulmonés, qu'ils soient terrestres ou aquatiques, la symétrie cérébrale, tout au moins pour certaines dispositions anatomiques, peut aller jusqu'à la cellule elle-même.

Dans certains cas, pour des ganglions symétriques comme ceux du stomato-gastrique, la symétrie cellulaire peut être entrevue même anatomiquement. En examinant avec soin les ganglions du stomato-gastrique restés en place, par la face postérieure par conséquent, on peut voir à l'aide d'une loupe suffisante, dans une position parfaitement symétrique à droite et à gauche, une ou deux grosses cellules tranchant par leur taille sur les cellules voisines et paraissant se correspondre entièrement dans les deux ganglions. Toutefois, la démonstration rigoureuse de cette symétrie ne peut être faite qu'au moyen d'une série régulière et complète de coupes dont une seule ne doit pas être perdue.

8° *Nerf stomato-gastrique* (*st*). — Dans un travail récent sur le stomato-gastrique, M. de Lacaze-Duthiers (1) a agité la question de la pluralité de ses origines, bien qu'il ne paraisse avoir ordinairement qu'un seul connectif l'unissant aux ganglions cérébroïdes. M. de Lacaze-Duthiers s'exprime ainsi : « M. Bouvier décrit, dans les Janthines, deux connectifs entre ces deux centres, et moi-même j'ai montré que, chez la Testacelle et le *Zonites algirus*, il y a deux cordons naissant l'un du connectif cérébro-pleural, l'autre du connectif cérébro-pédieux, et s'unissant pour former le connectif qui rattache le centre stomato-gastrique aux centres nerveux de la vie animale.

» Ce fait ne semble-t-il pas montrer que, même pour le stomato-gastrique, il doit exister, quoique masquées, des connexités avec les centres pédieux et asymétrique? »

Et plus loin, M. de Lacaze-Duthiers ajoute : « De nouvelles recherches, surtout histologiques, devraient être faites pour généraliser ou localiser ce fait de la pluralité des origines du connectif cérébro-stomato-gastrique. »

Nous ne pouvions pas aborder cette étude de topographie

(1) H. DE LACAZE-DUTHIERS. — Les ganglions dits *palléaux* et le stomato-gastrique de quelques Gastéropodes (*Arch. de Zoologie expér.*, 3e série, t. VI, 1898).

cérébrale interne, qui est essentiellement histologique, sans essayer de résoudre, chez les Limnées, la question posée par M. de Lacaze-Duthiers. La solution que nous avons trouvée est telle que l'avait prévue ce savant malacologiste.

En examinant la *figure 10* de la planche III, il est facile de voir que le connectif du stomato-gastrique prend en quelque sorte racine sur le connectif cérébro-pleural *Ccv*, et se dirige d'arrière en avant à la rencontre du connectif cérébro-pédieux *Ccp*. Il y a donc là, entre les centres pédieux et asymétrique, une connexité des plus évidentes.

En quittant le connectif cérébro-pédieux, le connectif du stomato-gastrique contracte des relations de fibres très étroites avec le nerf labial inférieur, dont les faisceaux nerveux forment un angle presque droit avec ceux du stomato-gastrique (pl. III, *fig. 10*, *12*). Il est placé sur un plan inférieur au fronto-labial postérieur, qui émerge lui aussi du lobe cérébro-viscéral, comme si certaines fibres montantes du centre asymétrique se jetaient directement dans ce nerf.

Telle est brièvement décrite l'origine réelle des nerfs cérébraux. Des études histologiques comparées tendront à donner à cette description plus de précision et de certitude.

Conclusions.

M. de Lacaze-Duthiers a fait remarquer le premier, en 1872, que le cerveau des Limnées est un organe dans lequel on doit admettre l'existence de régions distinctes. En 1883, Böhmig a émis une opinion contraire; non seulement il n'admet pas les régions indiquées par M. de Lacaze-Duthiers, mais il dit même qu'il n'y a pas lieu de distinguer au point de vue histologique les ganglions cérébroïdes des autres ganglions constitutifs du système nerveux.

Nous démontrons, par la reproduction photographique, qu'il y a lieu d'admettre réellement des régions distinctes dans le cerveau de ces animaux. Ces régions sont désignées sous les noms de procérébron, deutocérébron, noyau accessoire et éminence sensorielle cérébrale.

Le *procérébron* est un lobule commissural. Il est constitué par un amas de cellules chromatiques formant comme un

demi-manchon, ou comme une sorte de bouclier à la partie postérieure de la commissure. Il est en relation avec les origines cérébrales des nerfs optique et tentaculaire. Il a été comparé au protocérébron ou lobule de la sensibilité spéciale des Pulmonés terrestres.

Le *deutocérebron* est constitué par des cellules ganglionnaires analogues à celles qui existent dans tous les ganglions, de taille inégale, les plus grandes périphériques et les plus petites centrales. Le deutocérébron a été comparé au mésocérébron des Pulmonés terrestres.

Le *noyau accessoire* est un amas de cellules chromatiques formant une sorte de calotte hémisphérique à la partie postérieure du lobe cérébro-pédieux. Les rapports du noyau accessoire avec le connectif cérébro-pédieux sont les mêmes que ceux du procérébron avec la commissure. Le noyau accessoire est en relation avec le nerf de la nuque.

Ce que nous désignons sous le nom d'*éminence sensorielle cérébrale* correspond au *lobule de la sensibilité spéciale* de M. de Lacaze-Duthiers. Cette éminence sensorielle est située sur le côté externe du cerveau, au-dessus du noyau accessoire et au-dessous des nerfs optique et tentaculaire. Elle est essentiellement caractérisée par la présence à son extrémité conique d'une fossette bordée de cellules bipolaires. Nous nous sommes demandé s'il n'y avait pas une relation entre l'existence de cet organe sur le cerveau et l'absence de ganglion nerveux différencié dans le tentacule. Cet organe n'existe pas, en effet, dans le cerveau des Pulmonés terrestres, mais ceux-ci possèdent par contre des ganglions nerveux à l'extrémité des tentacules.

Toutefois, il y aura lieu de se demander, en étudiant le cerveau des Planorbes et des Physes, si les tentacules cylindriques de ces animaux ne renferment pas de ganglion basilaire pouvant remplacer le ganglion terminal des Pulmonés terrestres. Il est difficile de ne pas considérer les tentacules comme parfaitement homologues chez les divers types de Gastéropodes.

Nous n'avons pas maintenu le nom de lobule de la sensibilité spéciale donné par de Lacaze-Duthiers, parce que sous le même nom on a désigné le procérébron des Pulmonés terrestres qui est, histologiquement, un organe entièrement différent.

Les nerfs cérébraux sont en nombre constant. Ils peuvent être divisés, comme l'a fait M. de Lacaze-Duthiers, en nerfs postérieurs et en nerfs antérieurs.

Les nerfs postérieurs sont : les nerfs acoustique, optique et tentaculaire, auxquels il faut joindre le nerf de la nuque.

Les nerfs antérieurs sont : les nerfs fronto-labial postérieur, le labial inférieur, le nerf pénial, qui n'existe qu'à droite, et le nerf du stomato-gastrique.

Les nerfs satellites des artères labiales décrits par M. de Lacaze-Duthiers n'existent pas en tant que nerfs cérébraux.

Malgré la présence du nerf pénial impair, la symétrie cérébrale pour ce qui a trait aux cellules nerveuses n'est nullement dérangée. C'est ce qui est démontré tout au moins pour certaines dispositions anatomiques caractérisées, comme chez les Pulmonés terrestres, par la présence de *neurones* géants.

A l'exception de l'acoustique, pour lequel nous n'avons pu obtenir de coupes favorables, nous avons essayé d'établir les relations d'origine des différents nerfs cérébraux. Chemin faisant, nous avons résolu chez les Limnées la question récemment posée par M. de Lacaze-Duthiers au sujet des connexités probables du stomato-gastrique avec les deux centres pédieux et asymétrique.

EXPLICATION DES PLANCHES

LÉGENDE GÉNÉRALE

Pr, Procérébron.
De, Deutocérébron.
Na, Noyau accessoire.
Es, Éminence sensorielle cérébrale; lobule de la sensibilité spéciale de M. de Lacaze-Duthiers.
Ct, Commissure transverse sus-œsophagienne.
Lcv, Lobe cérébro-viscéral.
Lcp, Lobe cérébro-pédieux.
Ccv, Connectif cérébro-viscéral.
Ccp, Connectif cérébro-pédieux.
G I, Premier ganglion du centre asymétrique.
G II, Deuxième ganglion du centre asymétrique.
Ot, Otocyste.
no, Nerf optique.
nt, Nerf tentaculaire.
nn, Nerf de la nuque.
Flp, Nerf fronto-labial postérieur.
Li, Nerf labial inférieur.
np, Nerf pénial.
st, Stomato-gastrique.
Cg, Cellule géante.
nl, Noyau lobé des cellules ganglionnaires.

LÉGENDE DÉTAILLÉE

Les planches I, II et III reproduisent des coupes pratiquées dans le cerveau de *Limnæa stagnalis*. Les figures 1, 2, 3, 4 de la planche I, 5, 6 de la planche II, 9, 11, 12 de la planche III, reproduisent des coupes appartenant à une même série. Les figures 7, 8 de la planche II et la figure 10 de la planche III appartiennent à des séries différentes. Les coupes de la première série sont antéro-postérieures et obliques de gauche à droite dans la direction des principaux nerfs cérébraux. La figure 4 de la planche I indique cette obliquité. Le ganglion cérébroïde droit est déjà fortement entamé, tandis que le ganglion cérébroïde gauche n'est touché qu'au niveau du procérébron qui recouvre ici entièrement la partie postérieure de la commissure. Dans la coupe suivante, figure 5, planche II, le procérébron, décapité à gauche, laisse voir les fibres sous-jacentes de la commissure et, en dehors, les premières cellules du deutocérébron. Les régions cérébrales sont indiquées dans les figures des planches I et II, avec les nerfs postérieurs, à l'exception de l'acoustique. Le procérébron, le deutocérébron, le noyau accessoire et l'éminence sensorielle sont visibles simultanément dans la figure 8. Les figures de la planche III montrent surtout les relations des nerfs antérieurs.

FIGURES DU TEXTE

Fig. 1 (p. 49). — Système nerveux de *Limnæa stagnalis*.
Fig. 2 (p. 54). — Coupe pratiquée à travers les ganglions du centre asymétrique, montrant des cellules ganglionnaires unipolaires et bipolaires.
Fig. 3 (p. 57). — Coupe oblique profonde pratiquée dans le cerveau d'*Helix aspersa*.
Fig. 4 (p. 61). — Éminence sensorielle chez *Limnæa stagnalis* (Lobule de la sensibilité spéciale de M. de Lacaze-Duthiers).

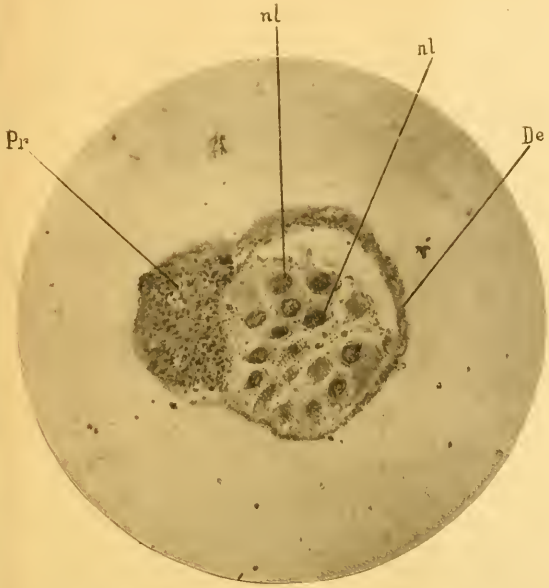


Fig. 1

Fig. 3

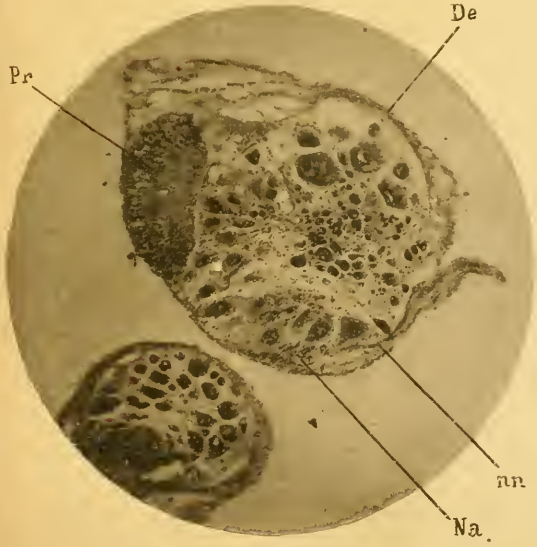


Fig. 2

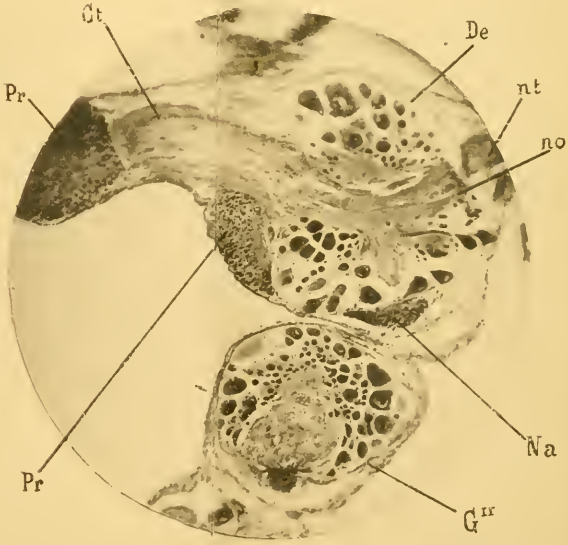


Fig. 4

Phototypie Charles Champion

CERVEAU DE *LIMNÆA STAGNALIS*

Pr,
De,
Na,
Es,

Ct,

Lcv,
Lcp,
Ccv,
Ccp,
G l,

Les
Linn.
9, 11,
Les fi
séries
ques
de la
ment
du pr
Dans
voir l
du de
ches .
le deu
néme
des n

Fig. 1
Fig. 2
p
Fig. 3
Fig. 4
b

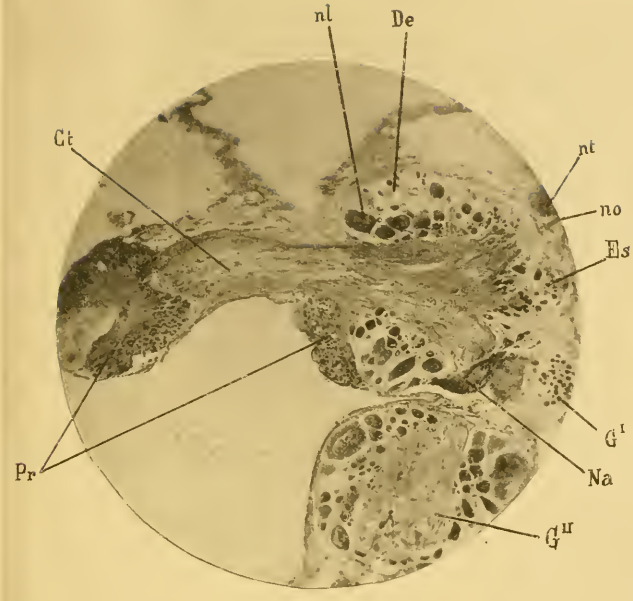


Fig. 5

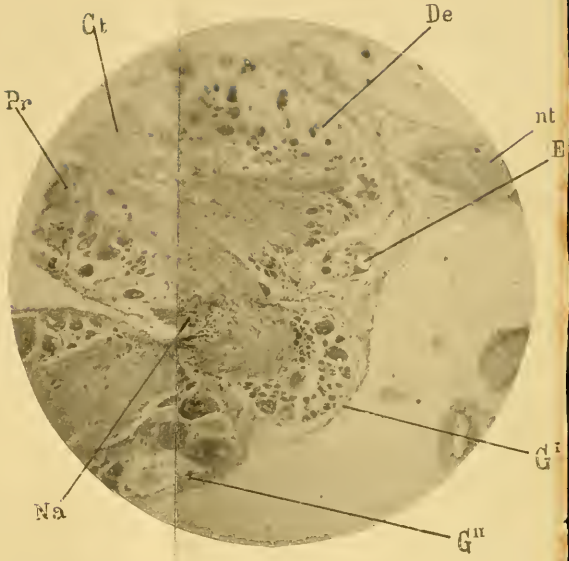


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

Phototypie Charles Chambon

Bordeaux.

CERVEAU DE *LIMNÆA STAGNALIS*

Pr,
De,
Na,
Es,

Ct,

Lcv,
Lcp,
Ccv,
Ccp,
G I,

Les
Linn
9, 11,
Les fi
séries
ques
de la
ment
du pr
Dans
voir l
du de
ches l
le deu
néme
des n

Fig. 1
Fig. 2
ir
Fig. 3
Fig. 4
bi

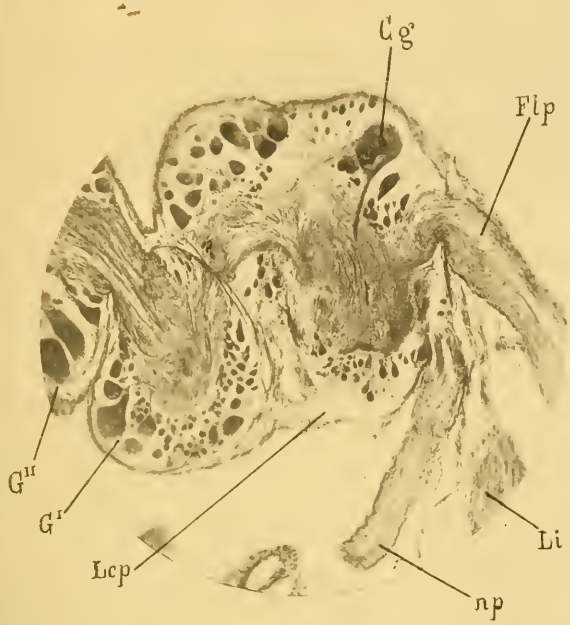


Fig.9

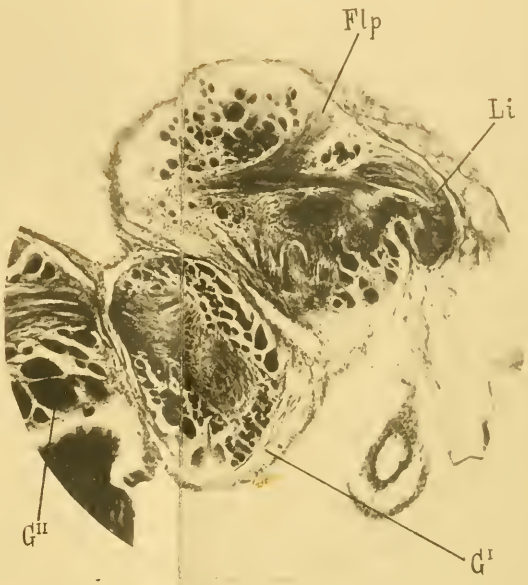


Fig.11

Fig.10

Fig.12

Phototypie Charles Chambon

Bordeaux

CERVEAU DE *LIMNÆA STAGNALIS*

P
D
N
E

C t

L
L
C
C
G

I
Li
9,
Les
sér
qu
de
me
du
Da
voi
du
ch
le
né
des

Fi
Fi

Fi
Fi

OUVRAGES CITÉS DANS LE TEXTE

Böhmig. — Beiträge zur Kenntniss des Centralnervensystems einiger pulmonaten Gasteropoden : *Helix pomatia* und *Limnæa stagnalis*. Leipzig, 1883.

H. de Lacaze-Duthiers. — Du système nerveux des Mollusques gastéropodes pulmonés aquatiques et d'un nouvel organe d'innervation (*Archives de Zoologie expérimentale*, t. I, 1872).

H. de Lacaze-Duthiers. — Les ganglions dits *palléaux* et le stomato-gastrique de quelques Gastéropodes (*Archives de Zoologie expérimentale,* 3e série, t. VI, 1898).

B. de Nabias. — Recherches histologiques et organologiques sur les centres nerveux des Gastéropodes (thèse pour le doctorat ès sciences de Paris, 1894, et *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux,* vol. XLIX).

B. de Nabias. — Sur quelques points de la structure du cerveau des Pulmonés terrestres; symétrie et fixité des neurones (*Bulletin de la Station zoologique d'Arcachon,* 1898).

E. Perrier. — *Traité de Zoologie.* Paris, 1897.

Retzius. — Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen (*Biologische Untersuchungen.* Neue Folge, 1. Stockholm, 1890).

Saint-Rémy. — Contribution à l'étude du cerveau chez les Arthropodes trachéates (*Archives de Zoologie expérimentale et générale,* 2e série, t. V *bis*, suppl. 1887).

H. Viallanes. — Études histologiques et organologiques sur les centres nerveux des animaux articulés, 6e mémoire (*Annales des Sciences naturelles; Zoologie,* t. XIV, 1893).

Walter. — *Microscop. studien über d. Centralnervensystem wirbellos. Thiere,* 1863.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

HISTORIQUE 43

I

Cerveau de *Limnæa stagnalis*. Anatomie macroscopique externe 47
§ 1. Technique anatomique 47
§ 2. Topographie cérébrale externe 48
§ 3. Nerfs cérébraux. Origine apparente et distribution 50

II

Anatomie microscopique interne 53
§ 1. Considérations générales au point de vue histologique 53
Cellules chromatiques 53
Cellules ganglionnaires 53
Substance ponctuée 55
Origine des nerfs 55
§ 2. Topographie cérébrale interne 56
Procérébron 57
Deutocérébron 59
Noyau accessoire 60
Éminence sensorielle 60
§ 3. Origine réelle des nerfs cérébraux 62

CONCLUSIONS 67

III

RECHERCHES

SUR LES TERMINAISONS NERVEUSES SENSITIVES

DANS LES MUSCLES STRIÉS VOLONTAIRES

PAR

D. POLOUMORDWINOFF,

Prosecteur du Laboratoire de physiologie de l'Université de Kazan.

D'après ce qui est connu relativement à l'innervation du tissu musculaire, les muscles striés volontaires seraient dépourvus des appareils terminaux sensitifs; tous les phénomènes de la sensibilité musculaire, soit le sens musculaire, soit les sensations douloureuses, trouveraient leur explication dans la présence des terminaisons nerveuses spéciales dans les tendons, facies, tissu interstitiel; en un mot, dans le tissu conjonctif, exposé à l'influence mécanique de la part des muscles à l'état de contraction.

En étudiant les muscles striés ordinaires des torpilles, j'ai trouvé des terminaisons particulières, qui, ni par la forme, ni par leur structure, ni par les dimensions, ne ressemblaient aux terminaisons motrices. C'est là le fait qui m'a décidé à soumettre à l'examen histologique les muscles de différents animaux et à tenter de déterminer le caractère de ces appareils au moyen de la section des racines de la moelle épinière. Au point de vue de la physiologie générale, il était peu vraisemblable que l'existence de deux différentes formes des

terminaisons dans les muscles striés volontaires fût une particularité exclusivement propre aux torpilles, et, en effet, j'ai pu constater l'existence d'appareils terminaux analogues, et même dans certains cas identiques à ceux des torpilles, chez tous les animaux que j'ai examinés : *Raia clavata, Raia mosaïca, Trygon vulgaris,* grenouille, lapin, cochon d'Inde.

Les terminaisons en question, qui présentent, selon les espèces animales, quelques variations, peuvent être réduites à trois types principaux. Avant de les décrire, je vais faire quelques remarques concernant la méthode dont je me suis servi; c'était le procédé d'Ehrlich, de coloration sur le vivant par le *bleu de méthylène.*

Théoriquement, le liquide dans lequel on fait dissoudre le bleu de méthylène pour l'injection, doit être isotonique du plasma du sang, afin qu'il ne se produise pas d'altérations de structure des tissus; on recommande pour cette raison de faire dissoudre la matière colorante dans la solution de NaCl; alors, on prend la solution à 0,5 % pour les grenouilles et celle à 0,75 % pour les mammifères. Néanmoins, on peut trouver des affirmations que l'injection du bleu de méthylène dissous dans l'eau distillée donne des résultats non moins irréprochables. Sur les poissons de mer j'ai pu m'assurer que la solution isotonique n'est pas une condition *sine qua non* des préparations bien réussies. D'abord, j'employai la solution de bleu de méthylène dans l'eau distillée additionnée, immédiatement avant l'injection d'un volume égal d'eau de mer; mais, après quelques expériences, j'ai été obligé de renoncer à ce procédé, le bleu de méthylène n'étant plus soluble en présence des sels de l'eau de mer; j'ai pu malgré cela obtenir plusieurs préparations bien colorées. Puis, j'ai passé aux solutions de chlorure de sodium. J'ai fait des injections d'essai avec les solutions à 1,0, 0,75 et 0,5 %. Après avoir examiné les trois séries des préparations et les avoir comparées avec celles dont j'ai parlé plus haut, je me suis assuré de leur identité complète. Ce ne sont cependant pas les solutions isotoniques; si elles ne produisent pas d'altérations notables, cela s'explique peut-être parce que la quantité d'eau introduite n'est pas suffisante pour changer considérablement la composition du plasma interstitiel, à cause des disproportions

quantitatives entre la solution injectée et la masse générale du plasma du sang et interstitiel (lymphe). Dans l'une ou l'autre des solutions indiquées, je faisais dissoudre du bleu de méthylène à 0,5 %.

Les détails techniques étant décrits bien des fois, je me contenterai de recommander une précaution qui concerne la pratique de la fixation. Il arrive que certaines sortes de picrate d'ammoniaque ne présentent pas les qualités requises pour une bonne fixation; cela dépend de la présence d'un acide qui dissout le bleu de méthylène. Aussi faut-il, avant d'employer la solution saturée de picrate d'ammoniaque, examiner sa réaction, et, si elle est acide, la neutraliser. Après la neutralisation (par le bicarbonate de sodium), la solution acquiert les propriétés d'un superbe fixateur; plus la neutralisation est complète, plus les préparations sont persistantes; dans tous les cas, un léger excès de l'alcali est préférable à l'acidité de la solution.

Les muscles qui m'ont donné les meilleurs résultats sont les muscles des nageoires chez les poissons, et ceux de la cuisse chez les grenouilles et chez les mammifères. Sur les poissons, la coloration réussit avec une facilité et une certitude remarquables.

Comme j'ai dit ci-dessus, on peut distinguer trois types principaux.

1° *Chez les torpilles (fig. 1),* l'appareil terminal consiste en un grand nombre de fibrilles nerveuses, extrêmement fines, variqueuses, qui se disposent en forme de pinceau sur le sarcolemme de la fibre musculaire.

Dans certains cas, les fibrilles sont rapprochées les unes des autres si étroitement, qu'il est impossible de suivre leur trajet; mais il y a des formes qui permettent de les voir dans toute leur longueur; chaque fibrille, après une série de ramifications dichotomiques, se termine par un renflement qui ne surpasse pas par la grosseur les varicosités de la fibrille elle-même.

Ordinairement, les terminaisons sont disposées par petits groupes (de 2 à 3) sur les fibres musculaires voisines, dont le nombre correspond toujours à celui des terminaisons. Quelquefois, on voit deux appareils terminaux se lier entre eux par

une fibrille qui sort d'un appareil pour se mêler aux fibrilles de l'autre et où elle se termine de la façon indiquée.

Les nerfs auxquels appartiennent ces terminaisons se présentent toujours sous forme de larges fibres à myéline se ramifiant successivement. La largeur relative de ces fibres et leurs ramifications successives rendent leur aspect tellement caractéristique que, ne voyant dans le microscope que ces fibres nerveuses, on peut être sûr, en suivant leur trajet, de trouver les terminaisons dont je parle. A une faible distance des arborisations terminales, le nerf donne ses dernières

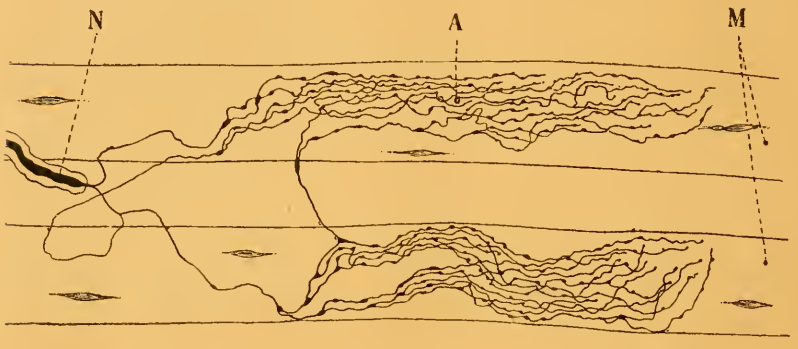


FIG. 1.

Deux terminaisons nerveuses sensitives. — M, deux fibres musculaires; N, nerf à myéline; A, arborisations terminales. — Figure demi-schématique.

branches au nombre de deux ou trois, qui perdent bientôt la gaine de myéline; en même temps, le cylindraxe se divise en plusieurs fils, qui, en se ramifiant dichotomiquement, donnent naissance aux nombreuses fibrilles constituant l'appareil terminal. La gaine de Henle couvre les terminaisons et se confond avec le sarcolemme. La surface de la fibre musculaire, sur laquelle s'épanouissent les fibrilles, est pourvue de nombreux noyaux.

En ce qui concerne les autres poissons de mer, les terminaisons que j'ai observées *chez les raies* et *chez les terres* ne diffèrent en rien chez eux; mais, comparées avec celles dont je viens de faire l'esquisse, elles présentent une différence. Les fils nerveux qui résultent de la dernière ramification du cylindraxe ayant atteint la fibre musculaire presque sur le

même point, se dirigent dans deux directions opposées, de telle sorte qu'au lieu d'un pinceau, comme chez les torpilles, il y en a deux; de plus, lorsque les parties initiales sont bien rapprochées les unes des autres, on peut voir là, en outre, d'assez nombreuses fibrilles qui sortent d'un pinceau pour entrer dans l'autre; ces deux pinceaux en se composant forment une arborisation fusiforme plus étendue, dont la partie médiane est liée avec le nerf. Il arrive de temps en temps d'observer, chez ces poissons, des terminaisons constituées de la même façon que celles des torpilles.

Grâce à leurs dimensions considérables, les appareils terminaux sont nettement visibles sur les préparations bien colorées à l'œil nu, ce qui a lieu surtout chez les torpilles.

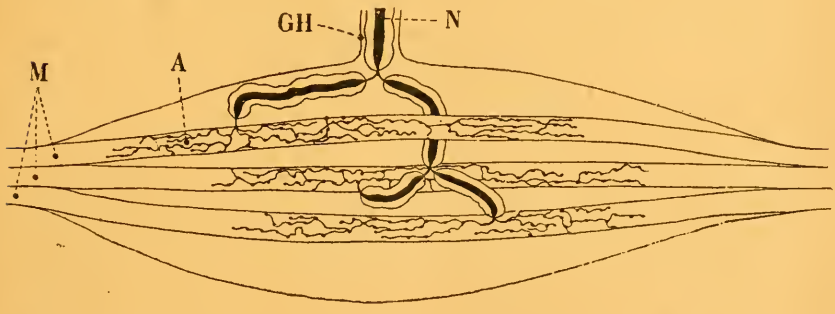


FIG. 2.

Terminaison nerveuse sensitive. — M, trois fibres musculaires; N, nerf à myéline; A, arborisation terminale; GH, gaine de Henle. — Figure schématique.

2° *Chez les grenouilles (fig. 2),* nous avons des terminaisons plus compliquées. Ce ne sont pas les muscles du type ordinaire qui se lient avec les arborisations terminales, mais toujours les fibres musculaires plus courtes et plus minces, dépourvues de tendons et connues sous le nom de fuseaux musculaires. On pourrait distinguer ici plusieurs formes des terminaisons; mais ces variations étant peu essentielles, je me contenterai de décrire celle qu'on observe le plus souvent.

Le gros nerf à myéline ayant atteint un petit groupe de fuseaux musculaires (3 à 5), se divise et se subdivise; les branches perdent la gaine de myéline et se terminent chacune par l'arborisation fusiforme qui se place sur le sarcolemme

du fuseau. L'arborisation terminale se compose des fibrilles variqueuses, très minces, à ramifications dichotomiques, qui parcourent principalement le long de ce fuseau et se terminent, comme chez les poissons, par de petits renflements. Les fuseaux constituant le groupe sont enveloppés tous à la fois dans les parties munies des terminaisons par une membrane; celle-ci n'est pas autre chose que la gaine de Henle de la fibre nerveuse.

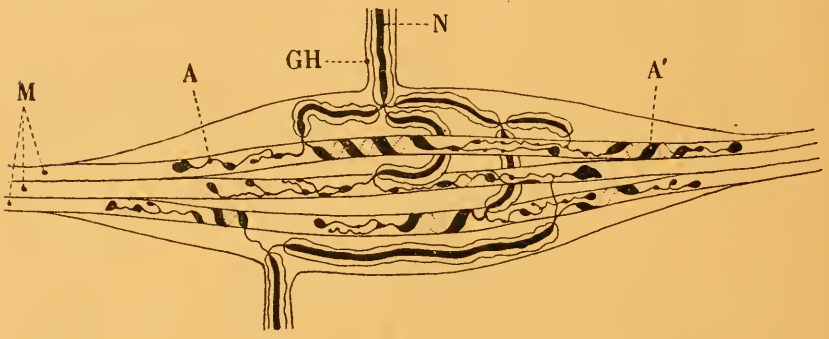


FIG. 3.

Terminaison nerveuse sensitive. — M, trois fibres musculaires; N, nerf à myéline; GH, gaine de Henle; A, fibrilles nerveuses ordinaires; A', fibrilles qui s'élargissent en forme de rubans. — Figure schématique.

3° Tout ce que je viens de dire relativement aux fuseaux musculaires, au nerf, à la membrane, je pourrais le répéter en décrivant les appareils terminaux chez *les mammifères (fig. 3)*. Il n'en est pas de même de l'arborisation terminale : il existe ici une particularité qui donne aux terminaisons nerveuses une apparence extrêmement caractéristique.

Certaines fibrilles, en s'élargissant en forme de rubans, entourent les fuseaux musculaires par des tours en spirales; le reste se termine par les boutons aplatis qui atteignent quelquefois des dimensions considérables.

Afin de déterminer *le rôle physiologique* de ces terminaisons, j'ai coupé, selon les règles générales, les quatre racines antérieures et postérieures chez une grenouille. La grenouille a vécu après l'opération trente-cinq jours, laissant observer tous les phénomènes de la paralysie complète, motrice et sensitive, de la jambe du côté opéré (gauche). Au trente-

sixième jour, j'ai fait l'injection de bleu de méthylène à l'animal vivant. L'examen m'a donné des résultats nets.

Dans les muscles du côté opéré je n'ai pu voir que deux sortes de fibres non dégénérées : des fibres sans myéline qui parcouraient principalement près des vaisseaux sanguins, c'étaient les fibres sympathiques; les autres, au nombre restreint, étaient de larges nerfs à myéline, aux ramifications successives, qui donnaient les terminaisons typiques sur les fuseaux musculaires. Le reste des nerfs à myéline était dégénéré, et on n'a pu voir aucune terminaison motrice.

Cette expérience m'a donné le droit d'affirmer que les muscles striés volontaires sont pourvus des appareils nerveux *sensitifs*.

Cette recherche a été exécutée à la Station zoologique de la Société scientifique d'Arcachon. Je tiens à exprimer ici ma vive reconnaissance envers M. le Directeur de la Station zoologique, professeur de physiologie, Dr F. Jolyet, pour la cordialité avec laquelle j'ai été accueilli dans ses laboratoires; abondance de matériaux vivants, instruments, ressources bibliographiques, tout était mis à ma disposition avec une libéralité sans pareille. J'ai également à remercier M. le Président de la Société scientifique d'Arcachon, Dr F. Lalesque. Grâce à eux, mes études se sont trouvées entourées des facilités les plus grandes.

IV

RECHERCHES

SUR LA STRUCTURE DES GANGLIONS CÉRÉBRO-SPINAUX

ET LEURS

PROLONGEMENTS CYLINDRAXILES ET PROTOPLASMIQUES

PAR

Le Dr A. CANNIEU,

Professeur agrégé d'anatomie à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

A. Dès l'année 1894, dans ma thèse inaugurale, je décrivais des prolongements protoplasmiques autres que les prolongements cylindraxiles dans les ganglions de Scarpa et de Corti. Depuis, j'ai fait porter mes recherches sur les autres ganglions cérébro-spinaux et j'ai retrouvé partout les mêmes dispositions. Mes études ont eu pour objet l'homme, le veau, la brebis, le rat et la souris, la grenouille, l'oiseau, les poissons osseux.

Que nous ayons affaire à des cellules bipolaires (ganglions de Corti et de Scarpa) ou encore à des cellules unipolaires, on observe des prolongements protoplasmiques autres que les prolongements cylindraxiles. Sur tout le pourtour de la cellule, en dehors des points par où s'échappent ces derniers, on aperçoit un certain nombre de prolongements plus grêles, beaucoup moins étendus. Ces expansions protoplasmiques s'échappent du sommet de tout petits cônes, dont la base est confondue avec le corps cellulaire. Ces prolongements

possèdent de véritables petites ramifications protoplasmiques secondaires qui sont intra et extra-capsulaires. Ces derniers sont peu nombreux et peu étendus, et rappellent de très loin le chevelu serré qui caractérise les expansions protoplasmiques des centres nerveux. Les prolongements secondaires intra-capsulaires rampent sur une petite étendue de la surface interne de la capsule. Les expansions externes se terminent dans les espaces intercapsulaires, et nous avons observé, dans maintes circonstances, que ces derniers pouvaient traverser les capsules des cellules voisines pour entrer en contact avec les expansions intra-capsulaires de ces mêmes cellules. Dans tous les cas, nous n'avons observé entre tous ces prolongements que des rapports de contiguïté.

Ces dispositions ont déjà été décrites par un certain nombre d'auteurs. Disse, Martin, van Gehucten, Lenhosseck et Retzius ont observé ces prolongements protoplasmiques, qu'on ne doit pas confondre avec les prolongements cylindraxiles de ces mêmes cellules. Bien avant ces auteurs, Ferré (1) avait vu et interprété ces faits comme il convient.

« *Les cellules nerveuses,* dit cet auteur, *à propos du ganglion de Scarpa, portent deux prolongements assez longs qui sont en continuité avec les tubes nerveux afférents ou efférents...*

» *Mais ce ne sont pas les seuls prolongements que présentent ces cellules. On voit se détacher du protoplasma de petits prolongements clairs et brillants. Nous nous sommes demandé, en présence de l'existence de ces prolongements, si ce n'étaient pas là des fibrilles provenant du réseau conjonctif; mais, après dissociations minutieuses, qui nous ont permis d'isoler les cellules, nous nous sommes convaincu et nous avons convaincu d'autres personnes que c'étaient bien là des prolongements cellulaires. Ils se dégagent de la cellule à différents niveaux. Quelques-uns de ces prolongements traversent la membrane d'enveloppe et vont s'anastomoser avec ceux des cellules voisines... Ainsi, ces cellules nerveuses peuvent être regardées comme des cellules multipolaires anastomosées. Deux des prolongements l'emportent sur les autres. La*

(1) Ferré. — Contribution à l'étude du nerf auditif (*Bull. de la Soc. zoolog. de France,* 1885, p. 28).

constatation de l'existence de ces derniers n'est pas toujours facile. Ils ne sont pas toujours placés dans les points qu'on est convenu d'appeler les deux pôles d'une cellule, c'est à dire aux extrémités d'un même diamètre. »

Ainsi donc, ces faits ont été vus pour la première fois par le professeur de Bordeaux. « Deux de ces prolongements, dit-il, les prolongements cylindraxiles, l'emportent sur les autres. » Toute la théorie du neurone (moins les anastomoses) est presque contenu dans ces mots. Les prolongements cylindraxiles ne seraient que des prolongements un peu plus étendus que les autres, les membres cellulaires plus longs et plus importants (1).

Nous nous permettrons de faire ressortir, en outre, l'importance de ces dispositions. On sait que Kamkoff a vu des filets nerveux, d'origine extra-ganglionnaire, se résolvant en dendrites extra-capsulaires et péri-cellulaires (ces dernières intra-capsulaires). Ces dendrites de différentes sortes se mettent en contact avec les divers prolongements cellulaires dont nous venons de parler.

De plus, ces dispositions nous permettent encore d'établir des analogies très étroites entre les cellules du système nerveux périphérique et sensitif (cellules ganglionnaires) et les cellules des centres nerveux (cellules du cerveau et de la moelle).

B. Indépendamment des prolongements protoplasmiques, on fait encore porter la discussion sur le volume respectif des branches cylindraxiles d'une même cellule ganglionnaire.

Plusieurs auteurs, tels que Ramon y Cajal, Kölliker, Retzius, etc., ont remarqué le fait dont nous venons de parler. van Gehucten, par contre, s'élève contre ces observations.

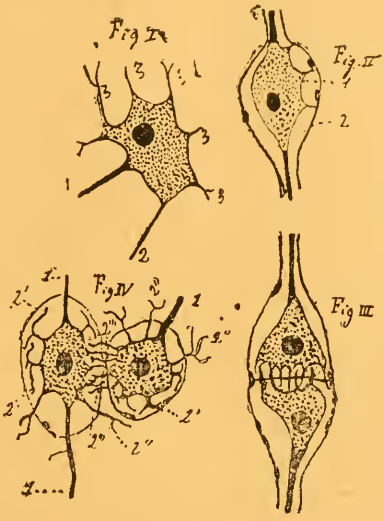
Nos recherches sur les ganglions des animaux plus haut cités, nous ont amené à nous ranger du côté de ceux qui prétendent qu'une des branches cylindraxiles d'une cellule ganglionnaire est, *en général*, plus petite que l'autre.

Il est, de plus, d'observation courante que les mêmes disproportions de volume existent entre deux prolongements

(1) Le cylindraxe, pour Ferré, n'est donc point, comme certains l'ont prétendu, le résultat de la différenciation *in toto* d'un grand nombre de cellules, ce n'est qu'un bras d'une même cellule, plus long que les autres.

cylindraxiles de deux cellules voisines ou occupant le même ganglion.

Nos études nous permettent également de donner une interprétation fondée, pensons-nous, de ces deux ordres de faits.



CELLULES DES GANGLIONS DE SCARPA ET DE CORTI.

Fig. I. — Cellule isolée du ganglion de Scarpa, d'après Ferré : 1, prolongement efférent; 2, prolongement afférent; 333, prolongements protoplasmiques.

Fig. II. — Même ganglion, d'après Ferré : 1, Cellule nerveuse avec ses deux prolongements cylindraxiles et ses prolongements protoplasmiques intra-capsulaires; 2, capsule.

Fig. III. — Deux cellules nerveuses contenues dans les mailles du stroma, d'après Ferré : Les deux cellules envoient des prolongements protoplasmiques dans la capsule voisine.

Fig. IV. — Cellule du ganglion de Corti, d'après Cannieu : 1, prolongements cylindraxiles; 2, prolongements protoplasmiques, les uns intra-capsulaires (2'), les autres extra-capsulaires (2''), les troisièmes pénétrant dans la capsule voisine (2''').

Examinons, en effet, deux cellules dont les cylindraxes diffèrent comme volume. Il semble que celui qui est plus volumineux est constitué par des fibrilles plus nombreuses, qu'il se distribue à des éléments anatomiques plus nombreux et qu'il parcourt un espace plus étendu que l'autre.

Quand deux cellules, au contraire, possèdent des cylindraxes de même grosseur, ils paraissent constitués par un nombre

peu différent de fibrilles, innerver des éléments en nombre à peu près égal et présenter une longueur à peu près identique (1).

Ces faits nous indiquent bien la cause des dispositions citées plus haut.

Si on examine, en effet, le mode des terminaisons d'un cylindraxe, on voit qu'on peut les diviser en deux espèces : les terminaisons collatérales et les terminaisons terminales. Qu'on ait affaire aux unes comme aux autres, elles se présentent toujours sous l'aspect de fibrilles très fines, se terminant par un renflement et provenant de la dispersion de faisceaux constituant le cylindraxe.

Si donc ce dernier innerve peu d'organes, il aura peu de terminaisons collatérales ou terminales, c'est à dire peu de fibrilles constitutives; par conséquent il sera peu volumineux. Dans le cas contraire, le cylindraxe sera plus ou moins gros. Cette interprétation, qui regarde plus particulièrement les prolongements principaux de deux cellules voisines, peut et doit également s'appliquer aux branches différentes (périphérique et centrale) d'une même cellule ganglionnaire (2).

Cette façon de concevoir les choses n'est pas d'ailleurs en désaccord avec ce que l'on sait de la cellule nerveuse et du cylindraxe.

Dans sa thèse de doctorat ès sciences, notre maître le professeur de Nabias a donné avant nous une pareille explication. Les faits que nous exposons et qui sont difficilement visibles paraissent plus nets chez les animaux étudiés par cet auteur (3). Chez les Gastéropodes, en effet, les cellules sont très grosses d'une part, et de l'autre, le cylindraxe se divise en deux portions à peu de distance de la cellule. La grosseur des divisions semble toujours en rapport avec le nombre des fibrilles qu'ils contiennent. Si, maintenant, nous nous rappelons ce qui est déjà connu, que dans ses terminaisons ce sont ces fibrilles qui forment les divisions ultimes des cylin-

(1) Il est bien entendu qu'on ne peut donner sur ces choses que des appréciations très approximatives.

(2) Nos observations, comme celles des auteurs cités plus haut, ont porté surtout sur les ganglions de l'oreille et les ganglions lombaires.

(3) De Nabias. — *Recherches histologiques et organologiques sur les centres nerveux des Gastéropodes.* Paris, 1894.

draxes pour innerver les organes sensitifs, il est probable, même certain, qu'on ne doit pas chercher ailleurs l'explication de la différence de grosseur des cylindraxes dont nous avons parlé plus haut et qu'on doit admettre l'explication sus-mentionnée.

« *A mesure que le prolongement s'éloigne,* dit de Nabias, *il diminue d'épaisseur en perdant des fibrilles qui se rendent dans des branches de divisions. La cellule CV (fig. 1) du ganglion viscéral gauche d'Helix aspersa, dont le prolongement d'origine mesure 40* μ, *se divise en deux branches inégales renfermant chacune un nombre de fibrilles en rapport avec son épaisseur... Elles se divisent et se subdivisent à leur tour jusqu'à ce que toutes les fibrilles constitutives se soient séparées...* »

« *Si les prolongements cellulaires perdent progressivement leurs fibrilles constitutives, à mesure que l'on s'éloigne de la cellule d'origine, il est inexact de leur attribuer à une certaine distance une épaisseur plus grande qu'au point d'origine, comme cela se voit dans les dessins de Retzius* (1). » D'après ces faits, il paraît donc peu étonnant, comme nous le disions plus haut, que la grosseur du cylindraxe soit en rapport direct avec les organes à innerver; et comme ces organes sont échelonnés, en général, sur un parcours plus ou moins éloigné, son volume est également en raison directe du chemin parcouru (2).

(1) Retzius. — Zur Kenulnin des Nervensystems der Crustaceem (*Biolog. Untersuch.*, 1890).

(2) Voir pour l'historique le mémoire de van Gehucten sur *la Cellule*, 1895.

V

NOTE SUR LE SYSTÈME VEINEUX DES SÉLACIENS

PAR

Le Dr LAFITE-DUPONT,

Licencié ès sciences naturelles, prosecteur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Chez les vertébrés supérieurs, il existe des champs vasculaires veineux que le mode de distribution, le calibre, la structure différencient des veines. La grande quantité de sang qu'ils contiennent leur a fait donner le nom de *sinus*. Cette disposition du système veineux, rare dans les groupes supérieurs des vertébrés où on ne la rencontre que dans le crâne, les organes génitaux, les fosses nasales, est très répandue chez les Cyclostomes et les Sélaciens. Le crâne, le foie, le rein sont ici desservis par des territoires veineux ayant la constitution de sinus.

Déjà, Duméril, dans son étude sur les Cyclostomes, décrivait en 1812 les particularités des veines des lamproies. Chez cet animal, les veines se moulent sur les organes voisins; une mince couche de tissu conjonctif forme leurs parois et leur lumière est traversée en tous sens par des trabécules qui s'enchevêtrent « de façon à donner au vaisseau l'aspect d'une éponge ». (*Dissertation sur la famille des Cyclostomes,* 1812.)

Guillot, qui étudiait en 1845 le système veineux de la raie, y retrouve les trabécules décrits par Duméril. La description qu'il donne de ces sinus montre qu'il les interprète plutôt comme des lacunes analogues à celles des invertébrés qu'à de

véritables veines dilatées. La description du sinus de Monro est caractéristique : « Les parois sont formées par le péritoine qui, en se repliant en haut, le suspend à la colonne vertébrale, excepté dans les régions les plus antérieures de l'abdomen. » (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris,* 1845, t. XXI, p. 1180.)

Cette description montre bien qu'il ne donnait pas à ces sinus la valeur de veines. Il les considérait comme des lacunes formées par les espaces que laissaient entre eux les replis du péritoine.

Interprétées de cette façon, ces soi-disant lacunes avaient quelque analogie avec la cavité générale des invertébrés.

Chez ces animaux, le réservoir circulatoire n'est pas différencié. Le liquide nourricier est répandu dans la cavité générale contenue entre deux parois : la cavité générale elle-même et le tube digestif. Les contractions de celui-ci apportent une perturbation dans l'équilibre de ce liquide. Il semble donc que le tube digestif aurait une influence sur la circulation. Le tube digestif servirait à la fois de paroi et d'organe propulseur du sang. Ce qui suggéra à Souleyet l'idée d'appeler phlébentérés les animaux chez lesquels se présentait cette disposition. Une telle conception semblait avoir quelque vraisemblance en la cantonnant aux invertébrés; mais Souleyet voulut l'étendre aux vertébrés. Étudiant les sélaciens, il reconnut, ainsi que l'avaient décrit Cuvier et Monro, l'existence de vastes espaces veineux. Le sang ne remplit pas la cavité générale. Mais dans cette cavité générale se trouvent de vastes sinus gorgés de sang. A la partie antérieure, au-dessus du foie, se trouvent deux de ces sinus qui présentent des dimensions frappantes. A eux seuls, ils ont, suivant Milne-Edwards, dix fois la capacité du reste du système veineux. Ce sinus, décrit par Monro, a gardé son nom. Surmontant le foie, il remplit toute la partie antérieure de la cavité abdominale, s'applique contre le diaphragme, et ses parois semblent se continuer avec les parois du péritoine. Il entoure l'œsophage sur la plus grande partie de son pourtour, donnant ainsi une ressemblance au liquide viscéral des invertébrés. Voilà pourquoi Souleyet voulut comprendre ces animaux dans la dénomination de phlébentérés. Souleyet fut pris à partie par de

Quatrefages et la discussion fut apportée devant l'Académie des Sciences, où une Commission fut nommée pour étudier le mémoire de Souleyet et juger la question.

Robin était le président de la Commission et crut que la meilleure façon de juger la chose était de reprendre la question au laboratoire. Il se mit au travail et démontra que ces cavités veineuses, quoique formées de parois rudimentaires, avaient la valeur morphologique des veines, car partout se montrait un endothélium. Non seulement la face externe de l'œsophage, formant la paroi interne du sinus de Monro, était tapissée d'endothélium, mais cette couche cellulaire, en jeu de patience, se continuait dans le vaste sinus jugulaire dont les parois, à simple vue, n'ont rien d'analogue à une veine. La question est donc nette pour les animaux qui nous occupent. Ces sinus ont la valeur des veines. Elles en ont la constitution élémentaire. En effet, Robin les trouve formées « de filaments fibreux entrecroisés », et Milne-Edwards, dans sa description, dit que « ces veines rudimentaires n'ont guère pour parois que les organes circonvoisins tapissés d'un peu de tissu conjonctif plus ou moins condensé en forme de membrane » (*Phys.*, vol. III, p. 369).

L'animal chez lequel se trouvent les plus belles dispositions de ces tractus est *Mustellus vulgaris;* on les retrouve dans la torpille, la tère, l'épervier, l'auge, la roussette. Notre étude s'est d'abord faite sur *Mustellus vulgaris,* dont les échantillons variaient de trente à cinquante centimètres de longueur. Chez ces sujets, les tractus se trouvent principalement dans le sinus sus-hépatique. Ce sinus forme un demi-manchon à la partie supérieure du foie. Il ne communique pas avec les sinus latéraux venant du rein. Ceux-ci sont à la partie interne du rein qu'ils longent; le droit est très développé, le gauche l'est peu. Ils s'élargissent à la partie supérieure et forment deux sinus symétriques accolés en partie au sinus sus-hépatique. Ces sinus sont séparés à la partie supérieure par une cloison fenêtrée, dont les orifices, d'un à deux millimètres de diamètre, font communiquer les deux sinus.

Pour étudier ces sinus, il faut ouvrir l'animal par la partie supérieure, au niveau des sinus, et injecter directement en piquant le sinus sus-hépatique. Il n'est pas besoin de pousser

fort l'injection, partout les orifices sont assez larges. Il faut agir avec une pression légère, mais constante.

Il nous a été possible de reprendre l'étude de ces sinus chez un gros squale *(Mustellus vulgaris)* de 1m60 de long. Chez cet animal, nous avons trouvé un système veineux analogue à celui des petits échantillons sur lesquels nous avions d'abord travaillé. Mais cependant, les tractus, fins, déliés, filiformes chez les premiers, sont ici plus forts, leurs entrecroisements possèdent une membrane assez large. De plus, dans le sinus sus-hépatique se voient des tractus nombreux, réunis à leurs extrémités en une membrane qui forme le pourtour de l'ouverture de ce sinus dans le sinus de Cuvier. La seule chose intéressante est la présence de replis membraneux venant en demi-lune dans la lumière des veines rénales. Il suffit de tirer légèrement dans le sens transversal les parois du vaisseau pour accentuer cette disposition. Ce sont donc là de véritables valvules, dont la particularité est de s'accentuer par la distension du vaisseau. Il est à remarquer que ce système valvulaire est rudimentaire; les valvules ne se correspondent pas; on en trouve à différents niveaux, mais jamais sur le même plan horizontal. Ce qui constituerait un système valvulaire parfait. Cette disposition existe à l'abouchement du sinus jugulaire dans le sinus de Cuvier, où deux valves se rejoignent sur leurs bords centraux. Une injection poussée centrifugement passe dans le sinus rénal, en s'arrêtant par instants pour franchir les valvules dont l'obturation est ainsi montrée incomplète.

Ces arcs valvulaires, ces sortes de lunnules, ne sont point partout développés de la même façon. Dans certains points, ils sont juste indiqués, et il faut tirer transversalement sur le vaisseau pour les voir s'accentuer davantage. On trouve tous les intermédiaires, depuis la paroi lisse du vaisseau jusqu'à la formation des valvules, complètement accentués. Chez celles-ci, alors que la lunnule valvulaire est bien développée, on peut observer quelquefois un orifice dans sa partie centrale. Quelquefois tout petit, cet orifice est large sur d'autres valvules. Enfin, on le trouve tellement large chez d'autres, que le bord libre de la valvule est isolé de la paroi veineuse à laquelle elle n'est reliée que par les deux extrémités du

bord libre ; à cet état, elle constitue véritablement un tractus.

C'est chez ce gros squale que j'ai trouvé tous les intermédiaires, depuis le simple bourrelet, premier indice du plissement de la membrane devant former le repli en croissant; puis la demi-valve et, enfin, le tractus par la perte de substance de la partie centrale de la valvule. Ce développement des tractus, constaté chez l'animal adulte par la persistance des intermédiaires, est contrôlé par l'embryologie. En effet, nous avons étudié des embryons de sept centimètres, et les sinus chez cet animal étaient constitués par une paroi épaisse. La face interne de cette paroi présentait des irrégularités consistant en dépressions creusées dans l'épaisseur de la veine. Ces dépressions, en minuscules coups d'ongle, laissaient entre elles des espaces en bourrelet qui, par leurs connexions les uns avec les autres, formaient un quadrillage irrégulier, à angles mousses. Nous constatons là déjà des épaississements de la paroi, dont la saillie, en s'accentuant, constituera des lunnules, lesquelles, par la perte de substance centrale, formeront les tractus.

Il est bon de signaler ici un fait observé sur le grand squale de $1^{m}60$. Le sinus sus-hépatique s'ouvre chez cet animal dans le sinus de Cuvier par deux ouvertures sans valvules. De ces ouvertures partent, à la partie inférieure, deux bandes irrégulières formées par des tractus très nombreux et très fins, formant des mailles excessivement allongées. Ces mailles produisent, par l'enchevêtrement de leurs tractus, une sorte de membrane que l'on peut soulever dans son ensemble; on forme par cet artifice une cavité qui, avant cette manœuvre, était virtuelle, et que l'on voit à présent formée de deux parois appliquées l'une contre l'autre. La paroi supérieure (inférieure par rapport à l'animal) n'est autre que les bandes sus-décrites; l'inférieure est la face inférieure de l'œsophage. Cette cavité s'ouvre dans le sinus sus-hépatique par plusieurs orifices petits d'un demi-millimètre. Une injection poussée par un de ces orifices pénètre, mais elle ressort par les autres. Toutefois, en jetant de l'eau froide à mesure que l'on injecte, de façon à coaguler la gélatine à sa sortie des petits orifices, on arrive à remplir la cavité, que l'on voit posséder une forme irrégulière, avec des prolongements irréguliers, bosselés, se

dirigeant vers la périphérie. Le loisir ne m'a pas été donné d'étudier plus en détail cette disposition, que je me propose de revoir.

De l'étude des veines d'embryons de *Mustellus vulgaris*, il ressort ce fait que la veine a primitivement un calibre grossièrement régulier, sans valvules ni tractus. Un peu plus tard, la paroi du vaisseau se montre irrégulière; des sillons se creusent à sa face interne et, en s'accentuant, forment des dépressions en coups d'ongles minuscules; les saillies ainsi formées s'effilent, s'étirent; leur partie médiane se creuse et une perte de substance se produit. Ainsi est constitué un tractus : premier processus. Chez l'animal adulte le procédé est différent; c'est un repli valvulaire qui se creuse, dans lequel se produit la perte de substance : second processus. Enfin, il est un troisième mode de formation des tractus. Si nous étudions les sinus latéraux du rein, nous voyons qu'à la partie antérieure ils sont accolés l'un à l'autre en arrière de l'œsophage. Cette cloison, intacte chez le jeune, est, chez le gros squale, largement fenêtrée; la communication entre les deux sinus est complète, seuls quelques tractus existent, délimitant des orifices d'un, trois, quatre centimètres de diamètre. Que s'est-il produit? L'étude des intermédiaires nous le montre. Les deux parois veineuses accolées se sont amincies, puis une perte de substance s'est produite, formant d'abord un léger orifice qui s'est accentué; d'autres orifices se produisant, les deux sinus rénaux ne sont plus séparés que par des bandes de membranes séparant les orifices entre eux. Ces bandes, s'amincissant, élargissent les ouvertures et persistent en forme de tractus : troisième processus de formation des tractus.

L'étude du squale nous a donc montré trois processus dans la formation de ces tractus. Dans le premier, le tractus se forme directement par amincissement des bourrelets de la paroi de la veine; dans le second, c'est une valvule qui se creuse d'un orifice; dans le troisième, nous voyons les parois disparaître dans deux veines accolées. J'ai constaté ce dernier processus chez la torpille. Si, au lieu de deux grands sinus qui s'accolent sur une partie de leur trajet, nous avons une série de veinules plus ou moins régulièrement parallèles qui

deviennent coalescentes et bientôt s'unissent par pertes de substance dans les cloisons, le résultat final sera la formation d'un champ vasculaire veineux, à l'intérieur duquel se verront des membranes irrégulières, des tractus de directions variables, et cette disposition anatomique donne à l'esprit l'image d'une de ces tumeurs vasculaires que l'on nomme l'angiome. Nous l'avons observé chez la torpille en deux points : dans le sinus sus-hépatique et dans les sinus rénaux, où, à la partie médiane, l'union est faite par ce procédé. C'est par une même succession de phénomènes que se développent les sinus du crâne. Chez le nouveau-né, nous n'avons pas une formation caverneuse, mais un réseau veineux dont la coalescence des troncs forme un sinus. Ceci se passe pour le sinus carotidien, sous-occipital transverse et postérieur, et les lacs sanguins. (Langer. *Comptes rend. de l'Acad. des Sc. de Vienne,* 1884. — Rudinger. *Arch. f. Ann.,* 1888.)

Nous avons donc affaire ici à un processus général d'atrophie veineuse, qui se produit physiologiquement dans les sinus veineux sus-hépatiques, rénaux des poissons, dans les sinus craniens des vertébrés et de l'homme, dans les formations caverneuses et érectiles des fosses nasales, des organes génitaux externes et, pathologiquement, dans les tumeurs angiomateuses caverneuses.

Le temps ne nous a pas permis d'élucider la part que prenaient les éléments anatomiques divers dans ce processus d'atrophie veineuse. C'est cependant un sujet attachant que nous proposons d'étudier. Quelques points histologiques sont à noter sur ces veines et les tractus qu'elles contiennent.

Je dois dire d'abord que l'endothélium trouvé par Robin m'a toujours été montré par les imprégnations argentiques, que ce soit sur la paroi ou sur les tractus. Sur la paroi, l'endothélium est à contour petit, irrégulier ; à côté de deux, trois grandes figures, on trouve des îlots de petites cellules groupées, se serrant les unes les autres. Il est également variable suivant les points considérés. Dans le sinus de Cuvier, les bords sont moins sinueux, les cellules sont en général allongées dans le sens du sinus (tère). Dans le sinus sus-hépatique, l'irrégularité dans les dimensions est exagérée; les contours sont larges et peu sinueux (roussette). Cette largeur des cellules se

retrouve surtout sur la membrane étoilée qui unit plusieurs tractus se rencontrant suivant des angles divers. Il semble que la membrane, écartelée par les tractus, ait distendu l'endothélium qui la revêt (roussette d'un mètre). Quant aux tractus eux-mêmes, ils possèdent eux aussi un endothélium, mais son imprégnation est très difficile. Je n'ai jamais pu en obtenir une préparation satisfaisante. Le dépôt d'argent se fait irrégulièrement; certains points s'imprègnent et d'autres non; peut-être là l'endothélium a-t-il disparu en partie. Ce point est à revoir. La charpente de ces tractus est faite par des faisceaux conjonctifs. La présence de fibres élastiques, qui m'avait paru douteuse dans les dissociations au picro, m'a été révélée par l'orséine acide. Ces fibres élastiques sont d'une assez grande ténuité. Je me propose d'en étudier par cette méthode leur systématisation, qui peut avoir une importance au point de vue physiologique.

Je n'ai jamais découvert de fibres musculaires lisses dans ces tractus.

Enfin, un autre point à élucider est celui de l'origine et de la destinée de ganglions nerveux formés par des cellules nerveuses piriformes que j'ai découverts au sein même de ces tractus.

Je me propose d'étudier plus en détail l'histologie de ces tractus veineux. J'ai cherché à en démontrer l'origine, et je la rattache à un processus général d'atrophie veineuse dont le mécanisme histologique est à élucider.

Bibliographie.

Duméril. — *Dissertation sur la famille des Cyclostomes,* 1812.
Milne-Edwards. — *Physiologie,* p. 369.
Monro. — *Structure of the fishes.*
Guillot. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris,* 1845, t. XXI, p. 1179 et suiv.
Salter. — *Cyclopedia of anatomy of Robert Tood,* vol. IV.
Hyrtl. — Sur le système vasculaire des raies (*l'Institut,* 1857, t. XXV).
Jourdain. — Veine porte rénale (*Ann. des Sc. nat.,* 1859, t. XII).
Moreau. — *Les Poissons,* t. I.
Charpy. — *Anat. de Poirier.*
Langer. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Vienne,* 1884.
Rudinger. — *Arch. f. Ann.,* 1888.

VI

RECHERCHES
SUR L'APPAREIL MUSCULAIRE DU GROS INTESTIN
CHEZ LE PHOQUE ET QUELQUES AUTRES MAMMIFÈRES

PAR

A. CANNIEU,

Professeur agrégé d'Anatomie à la Faculté de Médecine,

ET

LAFITE-DUPONT,

Licencié ès sciences naturelles, Prosecteur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

I

Historique.

Quand on ouvre les livres classiques d'anatomie ou bien le *Traité d'anatomie et de physiologie comparées* de Milne-Edwards, on voit qu'en général on accorde au gros intestin de l'homme deux couches de fibres musculaires lisses : une couche circulaire continue et une couche longitudinale discontinue; celle-ci formée de fibres rassemblées sous trois bandes, les *tænia coli* des Allemands. Cette description manque de précision, ainsi que le fait remarquer dans sa thèse inaugurale M. Lowitz, l'élève de l'un de nous. La généralité des anatomistes ne dit pas s'il existe, entre ces bandes, entre ces tænias, des fibres longitudinales; bien plus, Milne-Edwards fait bien

ressortir que, chez l'homme, les bandelettes du gros intestin représentent seules ce genre de fibres.

En 1896, l'un de nous a inspiré la thèse dont nous avons parlé et l'a fait faire sous sa direction. Toutefois, à l'occasion de l'intestin du phoque que nous avons eu à notre disposition, grâce à la libéralité de M. le professeur Jolyet, directeur des laboratoires marins d'Arcachon, nous avons repris ce travail, en nous appesantissant surtout sur l'étude de ce mammifère marin.

Dans les ouvrages, tant français qu'allemands, on trouve l'indication de fibres longitudinales intermédiaires aux faisceaux classiques, et si les anatomies récentes n'en parlent point, nous trouvons dans l'article « Intestin » de Tourneux et Hermann du grand *Dictionnaire encyclopédique,* la description suivante : « A la surface du côlon, la couche externe se soulève en trois faisceaux, dits ligaments du côlon, entre lesquels on ne trouve qu'un mince plan de fibres longitudinales. »

Beaunis et Bouchard, toujours lorsqu'il s'agit de l'homme, prétendent que « ces fibres longitudinales sont accumulées en trois bandes et qu'il n'en reste plus que quelques-unes très clairsemées au niveau des bosselures ».

Bertin (*Dict. encycl.,* art. *Côlon*) dit que « toutes les fibres ne sont pas contenues dans les faisceaux. Au niveau des bosselures, il reste encore quelques fibres musculaires clairsemées parallèles à l'axe de l'intestin ».

Depuis longtemps, les Allemands ont consigné ces dispositions dans leurs traités.

D'après Huschke (1845), les fibres longitudinales sont éparses sur tout le gros intestin et se réunissent pour former trois bandelettes au niveau du côlon.

Kölliker (1868) admet de fins faisceaux longitudinaux entre les trois bandes du cœcum.

Stricker (1871) décrit les couches musculaires de la façon suivante : « Les faisceaux longitudinaux se composent, dit-il, au point de vue de l'épaisseur, en raison inverse des faisceaux circulaires. Tandis que ceux-ci, sur les bords du tænia seulement, ont leur épaisseur primitive, ils se réunissent en masse sur les parties adjacentes, tandis que les faisceaux longitudinaux deviennent plus minces. »

Henle prétend que « la couche des muscles longitudinaux du côlon offre cette particularité bien connue que ses faisceaux se réunissent en trois bandelettes plates de huit à dix millimètres de largeur au plus. Mais les faisceaux longitudinaux ne manquent pas non plus entre ces bandes. Ceux-ci forment trois stries longitudinales relativement étroites et puissantes alternant avec les trois autres larges et minces. »

C'est cette question à peine ébauchée par nos devanciers, plus longuement étudiée d'après nos conseils par Lowitz, que nous avons revisée.

II

Exposé des faits.

Nous commencerons par l'étude de l'intestin de l'homme et celui des mammifères terrestres, nous finirons par la description du phoque.

A. Homme. — 1° *Au niveau du cœcum.* — Les couches musculaires se composent de deux plans de fibres continues et non éparses : un plan interne circulaire et un plan externe longitudinal. On aperçoit très bien sur les coupes les renflements correspondant aux *tænia coli,* mais ces tænias ne contiennent pas toutes les fibres parallèles à l'axe de l'intestin.

Dans l'intervalle, au niveau des bosselures, on en trouve, et cela en grande quantité. Elles constituent une enveloppe complète, embrassant toute la circonférence du gros intestin. En trois points seulement, elle s'épaissit pour former les ligaments longitudinaux, les seuls vus par les classiques français. L'épaisseur de la couche longitudinale est généralement moins grande que celle de la couche circulaire, si ce n'est toutefois au niveau des tænias où elle mesure à peu près les mêmes dimensions. Nos recherches concordent en tout et pour tout avec celles de Lowitz, et, à ce sujet, nous renverrons à son excellente thèse pour les points de détail. Qu'il nous suffise de dire que cette couche longitudinale doit être étudiée au niveau des tænias, sur les bords de cet organe et entre deux de ces épaississements.

2° *Au niveau de la bandelette.* — On voit que le *tænia coli*

est constitué par de petits cordons dont les parties supérieure et latérale sont libres sur une plus ou moins grande étendue. Ces cordons ne sont pas indépendants les uns des autres, mais réunis par de petits faisceaux musculaires. L'aspect de la partie centrale d'une de ces bandelettes, sur une coupe histologique, est celui d'un amas de petits faisceaux qui, en coupe transversale, donnent l'image de petits créneaux séparés par des espaces vides plus ou moins larges.

3° *Au niveau du bord du tænia.* — L'aspect crénelé disparaît et la couche est de plus en plus mince au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tænia.

4° *Au niveau d'une bosselure.* — La couche est plus mince (90 à 100 μ), mais uniforme dans tout l'intervalle de deux bandelettes.

Quant à la couche circulaire, elle n'offre rien de bien important. Elle forme un plan continu et constitue une membrane plus épaisse que la couche longitudinale, au niveau des bosselures tout au moins. Au niveau des épaississements ligamenteux (tænia), elle est moins épaisse que cette dernière, bien qu'en ce point *cette couche circulaire soit également plus épaisse que sur les bosselures.*

5° *Au niveau du côlon.* — Nous ne pourrions que répéter les descriptions précédentes : les bandelettes sont toujours ici constituées par des épaississements du restant de la couche longitudinale. Elles passent insensiblement, par un plan incliné, diminuant peu à peu d'épaisseur, à la partie de cette couche qui correspond aux bosselures. Que ce soit dans le cœcum ou dans le côlon, on aperçoit toujours des faisceaux de la couche circulaire changer de direction et passer dans la couche longitudinale.

B. Cobaye. — Les bosselures n'existent guère que dans le cœcum de cet animal; partout ailleurs, on n'en trouve point. Correspondant à ces bosselures, on voit également les bandelettes longitudinales qui, parties du fond du cœcum, s'arrêtent à la naissance du gros intestin proprement dit. Le gros intestin ne se différencie de l'intestin grêle que par son calibre plus considérable.

Les bandelettes longitudinales se présentent sur les coupes

sous la forme d'une sorte de ruban aplati faisant saillie à la surface de la paroi intestinale. Elles ne s'amincissent pas sur leurs bords comme chez l'homme, mais se terminent brusquement sur les côtés. Ce ruban semble indépendant de la couche musculaire longitudinale à laquelle il semble simplement superposé. Dans l'intervalle des bandelettes, on trouve des fibres musculaires formant une couche longitudinale continue, mais peu épaisse.

Le côlon présente deux couches continues sans épaississement longitudinal ou circulaire.

C. Lapin. — Le cœcum du lapin est très volumineux comme celui du cobaye, mais ne présente ni bandelettes ni bosselures. Par contre, les bandelettes et les bosselures commencent à partir du côlon pour disparaître dans la partie terminale de cet organe.

Au niveau du cœcum, nous trouvons deux couches continues : l'une longitudinale, l'externe; l'autre, l'interne, circulaire. Et il n'y a point trace d'épaississement musculaire.

Au niveau du côlon, si on examine des coupes portant sur les bosselures, on trouve toujours les deux couches sans solution de continuité.

Quant aux bandelettes, elles offrent à examiner des particularités absolument remarquables. Elles ne font pas saillie à la surface extérieure de l'intestin; mais elles sont cachées dans le fond du sillon formé par les bosselures. Sur une coupe, on voit également que, loin d'être constituées par la tunique longitudinale seule, elles sont formées à la fois *par un épaississement des deux couches musculaires;* et, fait des plus intéressants, c'est la couche circulaire qui entre pour la plus grande partie dans sa constitution.

Dans la région unie au côlon, on retrouve les deux couches musculaires continues. La couche circulaire est cependant légèrement épaissie en trois points principaux, sans que ce fait se traduise à l'extérieur d'une façon assez apparente pour être visible à l'œil nu.

D. Mouton et veau. — Chez ces animaux, la couche longitudinale existe; elle forme une enveloppe complète à la couche

circulaire. Bien qu'extérieurement on ne rencontre ni tænia, ni lombric, comme chez l'homme, il est possible d'observer trois épaississements de la couche longitudinale. Ces épaississements sont assez marqués pour qu'ils puissent atteindre cinq millimètres, alors que la couche longitudinale est très mince dans leur intervalle. Ces épaississements passant insensiblement latéralement à la membrane mince musculaire qui est comprise entre eux. Ce n'est point, ainsi que le fait remarquer Lowitz, une observation analogue à ce que l'on observe chez le cobaye : un brusque changement d'épaisseur, mais une sorte de transition lente semblable à celle que nous avons décrite chez l'homme.

La couche circulaire ne présente rien de remarquable. Dans l'intervalle des épaississements de la tunique longitudinale, elle paraît un peu plus fournie cependant.

E. Chat et chien. — La couche longitudinale présente, comme chez le mouton, les trois couches longitudinales, bien que rien ne les traduise à l'extérieur. Quant à la couche circulaire, elle n'offre rien de particulier.

F. Phoque. — Quand on examine le gros intestin du phoque, on est frappé par la différence d'épaisseur existant entre sa portion centrale et ses deux autres portions. Le gros intestin se partage, en effet, en trois parties comme chez les autres mammifères : les côlons ascendant, transverse et descendant. Le côlon ascendant présente plusieurs particularités. La valvule iléo-cœcale est constituée par deux valvules assez minces, laissant entre elles une fente qui ferait croire d'abord à son insuffisance. Il en est en réalité ainsi, et pour s'en convaincre, il suffit de placer une partie du côlon sous un robinet d'eau et l'on voit le liquide passer dans l'intestin grêle en franchissant la valvule. De plus, cet organe, vers la partie cœcale, ne renferme point, comme d'ailleurs chez les autres carnassiers, d'appendice.

Le fait sur lequel nous voulons cependant attirer l'attention consiste en ce que la portion cœcale et la majeure partie du côlon ascendant présentent une épaisseur bien moins grande que celle du côlon transverse et descendant; elle est de moitié

moins épaisse que les deux autres portions. Toutefois, le minimum d'épaisseur semble exister au niveau du cœcum et augmente peu à peu d'une façon insensible jusqu'au point où le gros intestin devient épais dans tout le reste de son étendue d'une façon égale.

Ce fait, visible à l'œil nu, a excité notre curiosité et nous avons réclamé à l'histologie l'explication de ces particularités.

Nos coupes ont porté sur le cœcum, sur les parties situées au-dessus du point d'abouchement de l'intestin grêle, sur la partie moyenne du côlon ascendant, sur les points où les parties amincies passent aux plus épaisses, et enfin sur le côlon transverse et le côlon ascendant.

1° *Coupes portant sur le cœcum.* — L'étude de ces coupes ne nous présente rien de remarquable du côté de la muqueuse. Nous retrouvons, comme ailleurs, une couche glandulaire doublée d'une *muscularis mucosæ*, constituée par deux ou trois assises de cellules musculaires lisses. Au-dessous, on voit la sous-muqueuse formée d'un tissu conjonctif lâche, à mailles larges et garnies de loin en loin de leucocytes.

Les couches sous-jacentes présentent des dispositions absolument remarquables. Au lieu d'y rencontrer, comme chez les animaux du même groupe, des tuniques musculaires recouvertes par la couche péritonéale, nous trouvons cette couche péritonéale, mais au-dessous d'elle nous constatons l'absence de tuniques musculaires. Elles sont ici remplacées par une couche épaisse constituée par un feutrage de fibres conjonctivo-élastiques qui tient leur place. Cette couche est formée par des fibres longitudinales, circulaires et obliques, s'entrecroisant et s'enchevêtrant de façon à former une assise des plus résistantes. Au-dessous, on aperçoit une bande de tissu conjonctif recouverte d'une assise de cellules endothéliales; c'est le péritoine.

2° *Coupes passant environ à un centimètre au-dessus de la valvule iléo-cœcale.* — Nous ne répéterons point ce que nous avons dit pour la muqueuse et la sous-muqueuse, la description que nous en donnons plus haut peut s'appliquer à ces organes sur toute l'étendue du gros intestin du phoque.

Ici encore, nous retrouvons avec les mêmes caractères et la même épaisseur la couche conjonctivo-élastique. Elle a encore

comme largeur la moitié de l'épaisseur de la tunique intestinale entière. Toutefois, çà et là, dans les premières coupes, nous voyons apparaître quelques faisceaux de fibres musculaires longitudinales, isolés par groupes, séparés par du tissu conjonctif. Ces faisceaux sont situés entre la couche épaisse constituée par les fibres élastiques et le tissu sous-péritonéal.

Sur des coupes en série, partout sur des points plus élevés, on voit que les faisceaux de fibres longitudinales séparées les unes des autres ne tardent point à constituer une couche unique et continue de fibres dont le grand axe est parallèle à celui de l'intestin. Cette couche musculaire longitudinale est tout d'abord constituée par deux ou trois cellules musculaires accolées les unes aux autres suivant leur grande dimension. Le nombre de ces cellules est de plus en plus grand, et ainsi la tunique musculaire croît de plus en plus. La couche élastique diminue d'épaisseur proportionnellement, on peut dire, au développement de l'assise musculaire.

3° *Coupes passant vers le milieu du côlon ascendant.* — Ces coupes sont surtout remarquables par l'apparition de la couche musculaire transversale.

Cette dernière, en effet, s'observe sur des préparations, partout sur des points plus élevés que ceux dont nous avons parlé au paragraphe précédent. Entre la couche longitudinale et la couche élastique, on voit encore de petits faisceaux isolés de fibres musculaires. Ils sont séparés par groupes assez éloignés les uns des autres tout d'abord, mais bientôt de plus en plus rapprochés au fur et à mesure que l'on atteint des points plus élevés. Bientôt, on rencontre une couche formée par des éléments en continuité les uns avec les autres et formant une assise bien liée, une couche circulaire continue.

La couche élastique, à ce niveau, a diminué d'une épaisseur à peu près égale à celle des deux couches musculaires existantes; pas tout à fait cependant, de telle sorte qu'à ce niveau l'intestin augmente déjà d'épaisseur.

4° *Coupes intéressant la portion du gros intestin où la paroi s'épaissit rapidement.* — En ces points nous retrouvons toujours la muqueuse et la sous-muqueuse, ainsi que le tissu cellulaire sur lequel repose l'endothélium péritonéal. Entre

ces deux formations nous observons, en allant de dedans en dehors :

a. La couche de fibres élastiques diminue considérablement d'épaisseur. Elle n'est plus comme dimension transversale que la moitié de ce qu'elle était dans les coupes précédentes.

b. La couche des fibres circulaires a pris un développement assez grand, le double d'épaisseur de celle que nous avons constatée sur les préparations dont il est question au troisième paragraphe. Leur assise est, par conséquent, beaucoup plus épaisse que la couche des fibres longitudinales. Tandis que cette dernière n'augmente plus de dimension, la couche de fibres circulaires devient de plus en plus épaisse. Par contre, l'assise de fibres élastiques diminue de plus en plus. Elle disparaît enfin tout à coup pour faire brusquement place à de nouveaux faisceaux de fibres musculaires transversales qui viennent s'ajouter à celles qui existent déjà et qui augmente d'autant la couche qu'elles forment.

5° *Coupes intéressant le côlon transverse et le côlon descendant, ainsi que la portion la plus élevée du côlon ascendant.* — En cet endroit, le gros intestin du phoque présente la structure du gros intestin des autres mammifères. La couche musculaire longitudinale existe, ainsi que la couche circulaire. Celle-ci est quatre fois plus épaisse que la couche longitudinale. Elle est formée par des faisceaux musculaires assez épais, séparés les uns des autres par une couche fort mince de tissu conjonctif.

Quant à la membrane élastique, nous avons dit plus haut qu'elle disparaît. Il serait plus exact de dire qu'elle diminue considérablement d'épaisseur, tellement qu'elle n'est perceptible qu'à un assez fort grossissement. Les autres tuniques n'ont rien de particulier. La tunique élastique se densifie de façon à former un petit éventail sur lequel viennent s'insérer les fibres musculaires dont il constitue une sorte de tendon. Une partie des fibres longitudinales s'infléchissent en bas vers la partie profonde; là, prenant un trajet récurrent et se digitant à l'infini, ces fibres viennent se perdre dans les couches musculaires transversales pour faire corps et se confondre avec ces couches.

Si, maintenant, nous jetons un rapide coup d'œil sur ce que

nous venons d'exposer, nous voyons que nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Chez les mammifères terrestres, l'intestin est toujours constitué par deux couches de fibres musculaires; la couche circulaire est en général plus développée que la couche longitudinale.

2° Dans certains cas, la couche longitudinale ou bien la circulaire peuvent s'épaissir par endroit sans qu'aucun phénomène macroscopique n'indique extérieurement à l'œil nu cette disposition.

3° Chez les animaux et l'homme, il y a des bandes longitudinales séparées par des boursouflures; il existe des fibres musculaires longitudinales entre ces tractus, entre ces *tænia coli*. Au niveau des bandes seulement, les fibres longitudinales nouvelles viennent s'ajouter à celles qui existent déjà sur tout le pourtour du tube digestif.

Chez l'homme, les épaississements longitudinaux paraissent diminuer sur les bords et passer insensiblement sur la couche qui recouvre les boursouflures. Chez le cobaye, cet épaississement paraît juxtaposé.

4° Chez le phoque, par contre, toute la partie amincie du tube digestif est remarquable par ce fait que les fibres musculaires n'existent point, ou bien forment des assises fort peu développées, et qu'elles ne se présentent avec leur disposition normale et leur épaississement habituel qu'au niveau des parties épaissies : partie supérieure du côlon ascendant, côlon transverse et côlon ascendant.

De plus, la portion amincie présente à examiner un fait bien remarquable. Il existe, en effet, une assise de fibres élastiques très épaisse au niveau des points où les couches musculaires font défaut. Cette assise élastique diminue au fur et à mesure que les fibres musculaires deviennent de plus en plus développées, et ne tarde pas à être réduite à une simple lamelle très mince intercalée entre les couches musculaires et la sous-muqueuse.

De l'ensemble de ce mémoire, il se dégage donc deux faits principaux :

1° Chez l'homme et les animaux où il existe les bandelettes

longitudinales, la tunique musculaire longitudinale existe entre les intervalles des bandelettes.

2° Chez le phoque, une partie du gros intestin (cœcum et portion inférieure du côlon ascendant) ne possède point de tunique musculaire longitudinale ou circulaire.

BIBLIOGRAPHIE DES OUVRAGES CONSULTÉS

Beaunis et Bouchard. — *Anatomie et embryologie,* 1894.
Bertin. — *Dict. encyclop.,* art. *Côlon,* 1876.
Henle. — *Handbuch der Eigerweilehre des Menschen,* 1873.
Huschke. — *Traité de Splanchnologie,* 1845.
Kölliker. — *Histologie humaine,* 1868.
Stricker. — *Handbuch der Lehre von Geveben der Menschen und Thiere,* 1871.
Tourneux et Hermann. — *Dict. encyclop.,* art. *Intestin.*
Traités d'Anatomie français divers.

Fig.III

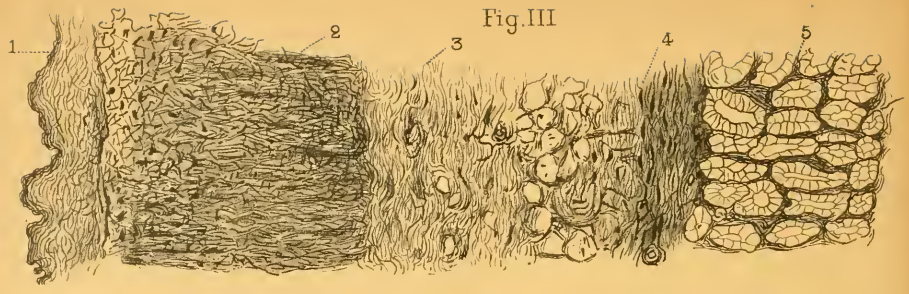


Fig.VIII

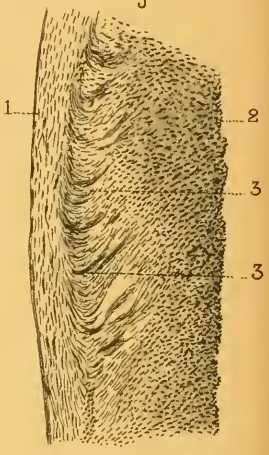


Fig.VI

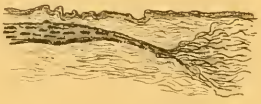


Fig.VII

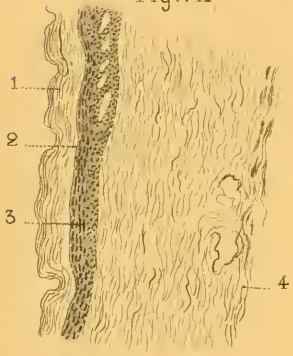
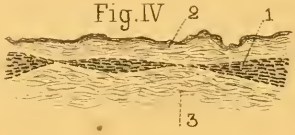


Fig.IV



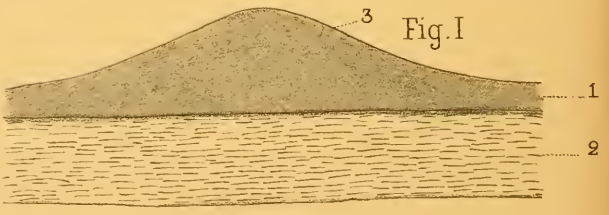
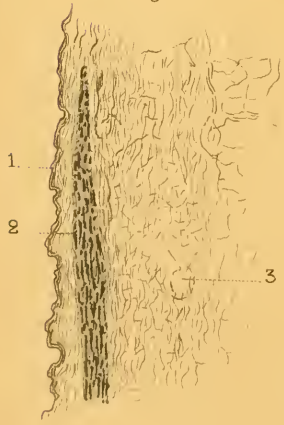
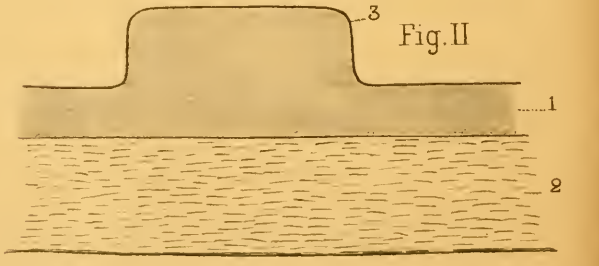


Fig.V





EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE

Fig. I. — Schéma de la coupe transversale du gros intestin de l'homme au niveau du tænia coli (coupe transversale) : On voit que la couche longitudinale existe partout et qu'elle n'est qu'épaissie au niveau du tænia. — 1. Fibres longitudinales. — 2. Fibres circulaires. — Épaississement correspondant au tænia coli. Cet épaississement passe insensiblement aux fibres longitudinales situées sur les bosselures.

Fig. II. — Schéma de la coupe transversale de la tunique musculaire du cœcum du cobaye. — 1. Fibres longitudinales — 2. Fibres circulaires. — 3. Tænia coli. On voit qu'à ce niveau le tænia coli se termine de chaque côté par une arête vive, comme si les fibres qui le constituent avaient été surajoutées à la couche continue de fibres longitudinales.

Fig. III. — Coupe longitudinale du cœcum ou gros intestin du phoque. — 1. Péritoine et tissu sous-péritonéal. — 2. Couche épaisse de fibres élastiques remplaçant la couche musculaire à ce niveau, ainsi qu'au niveau de la portion inférieure du côlon ascendant. — 3. Couche cellulaire. — 4. Muscularis mucosæ. — 5. Épithélium glandulaire.

Fig. IV. — Coupe longitudinale située au-dessus de la précédente. — Les fibres musculaires (1) commencent à apparaître sous forme d'îlots ayant l'aspect de fuseaux. Ces îlots sont situés entre le tissu sous-péritonéal (2) et la couche de fibres élastiques (3). Cette dernière couche n'a pas été représentée dans toute son étendue.

Fig. V. — Coupe longitudinale de l'intestin du phoque. On voit le début de la couche longitudinale des fibres musculaires du gros intestin. Elle est située entre la couche sous-péritonéale (1) et la couche de fibres élastiques (3).

Fig. VI. — Cette figure représente le mode d'insertion des fibres longitudinales à un tendon conjonctivo-élastique constitué par un pinceau de fibrilles qui se densifie à leur point d'union avec les fibres musculaires.

Fig. VII. — Coupe longitudinale du gros intestin du phoque. — 1. Péritoine et tissu sous-péritonéal. — 2. Couche des fibres musculaires longitudinales. — 3. Commencement de la couche circulaire des fibres musculaires. — 4. Tunique élastique.

Fig. VIII. — Coupe longitudinale du côlon ascendant, du côlon transverse et du côlon descendant. La couche de fibres élastiques n'existe plus à ce niveau ; par contre, la couche des fibres musculaires se présente avec son étendue et ses caractères normaux. — 1. Couche de fibres longitudinales. — 2. Couche de fibres circulaires beaucoup plus épaisse. — 3. Point où les fibres longitudinales se recourbent pour devenir circulaires.

VII

DU ROLE DES POILS

DANS L'ENFOUISSEMENT DES « ATELECYCLUS » [1]

PAR

Le Dr Georges BOHN,

Agrégé, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris.

I. Systématique. — Habitat. — Forme, couleur, chitinisation, ornements. — Poils mécaniques. — Poils mécaniques et sensoriels. — Chambre prostomiale.
II. Étude physiologique de l'animal dans l'eau. — Enfouissement du crabe.
III. Attitude des pattes-mâchoires et ses conséquences.

I

Systématique. — Le genre *Atelecyclus* a été établi par Leach, d'après une espèce des mers d'Europe décrite par Montagu sous le nom de *Cancer septemdentatus*.

Il fait partie de ce groupe des *Corystidés* que Ortmann considère comme la souche originelle des divers Brachyoures; tandis que, d'après cet auteur, les *Corystes* et les *Pseudocorystes* forment le passage aux Oxyrhynques, les *Atelecyclus* et les *Hypopeltarion* conduisent nettement aux Cyclométopes (Cancridés, Carcinidés et Portunidés) qui ont de si nombreux représentants sur nos côtes de la Manche et de l'Ouest. Par là, on conçoit l'intérêt de l'étude physiologique des *Atelecyclus*.

(1) Travail des Laboratoires de Zoologie du Muséum (professeur : M. Bouvier) et d'Arcachon.

Habitat. — Deux espèces sont communes sur les côtes de France, en particulier dans le golfe de Gascogne, l'*Atelecyclus heterodon* et l'*Atelecyclus cruentatus;* on les trouve dans les fonds sableux, le plus souvent à des profondeurs de 30 à 50 brasses; elles diffèrent peu l'une de l'autre. Au Laboratoire d'Arcachon, nous avons pu faire de nombreuses observations sur des exemplaires de la première espèce ramenés du large.

L'un d'eux a vécu deux semaines dans un cristallisoir dont l'eau était renouvelée tous les deux jours environ; au bout de peu de temps, nous lui avons fourni un fond de sable, dans lequel il est resté caché presque constamment.

Forme, couleur, chitinisation, ornements. — Le nom du crabe est tiré de la forme de la carapace, qui est convexe et presque circulaire. Cinq dents garnissent le front et neuf chaque bord latéral; ces dents, inégales chez *Atelecyclus heterodon,* sont peu prononcées et mousses. Le dessus de la carapace est fortement granuleux.

Chez les exemplaires observés, les parties visibles (dorsales) étaient d'une couleur jaune orange, les parties cachées (ventrales) blanchâtres; les pattes présentaient une coloration bigarrée, jaune et blanche; les méropodites des pattes postérieures en particulier avaient des zébrures oranges. Ce sont là des teintes en rapport avec les fonds sur lesquels vivent ces animaux au large d'Arcachon. Les parties colorées seules sont notablement chitinisées, les autres le sont fort peu : c'est ainsi que l'on peut apercevoir par transparence le scaphognathite battre sous le rebord ptérygostomien, ce qui est précieux pour l'observation physiologique de cet organe. Ceci n'est pas fait pour nous étonner chez une forme fouisseuse; chez les *Corystes,* la chitinisation est plus faible encore, le branchiostégite est presque membraneux, et les extrémités des branchies qui s'enroulent ont peine à développer des lamelles branchiales.

Malgré cette insuffisance de la chitinisation, les poils offrent chez les *Atelecyclus* un développement remarquable, attestant les frottements multiples des grains de sable contre les parois de la carapace; ils sont particulièrement développés sur la face ventrale et sur les appendices, et ils jouent un rôle si

important qu'il nous faut mentionner avec soin leur distribution.

Poils mécaniques. — Il y a d'abord sur la face inférieure de la carapace un cercle de poils, situé un peu au-dessous de son bord latéral et visible entre les dents qui garnissent ce bord; cette auréole de poils franchit en avant le cadre buccal, sur les méropodites des pattes-mâchoires externes, dont les prolongements antérieurs, glabres, sauf sur les bords, viennent clôturer l'ouverture de la chambre prostomiale. Ces poils peuvent s'enchevêtrer plus ou moins avec ceux des appendices, en particulier avec ceux des pinces qui viennent s'appliquer sur la face inférieure de la carapace, au niveau des pattes-mâchoires. Les frottements des membres contre le corps contribuent à les développer; ils sont formés d'une tige qui porte latéralement des rameaux nombreux, longs et souples; ils peuvent s'intriquer les uns dans les autres pour former une sorte de feutrage, un filtre, comme nous le verrons, pour l'eau qui circule à la face inférieure du branchiostégite (allant à la chambre brachiale ou en venant); sur cette face, on distingue souvent, en outre de l'auréole, des traînées de poils qui indiquent le chemin de l'eau.

Poils mécaniques et sensoriels. — A côté de tous ces poils longs et ramifiés, qui forment broussaille à la face inférieure de la carapace et sur les membres, et dont le rôle mécanique est évident, on observe d'autres poils, raides et non ramifiés, qui ont moins un rôle mécanique qu'un rôle sensoriel; ils garnissent des régions telles que le bord antérieur des pattes-mâchoires externes, les antennes, etc., c'est à dire le pourtour de l'ouverture de la chambre prostomiale, qui est caractéristique, comme l'on sait, de la famille des Corystidés.

Chambre prostomiale. — Ceci nous conduit à examiner cette région chez *Atelecyclus*. Ici, la chambre prostomiale est bien moins nettement constituée que chez *Corystes* et chez *Pseudocorystes*.

Les deuxièmes articles basilaires des antennes, bien développés, surplombent de chaque côté les fossettes antennulaires;

dans leur prolongement direct se placent les articles suivants, assez gros et mobiles; les fouets sont relativement peu développés. Les poils qui garnissent la partie mobile des antennes sont insérés sur deux arêtes diamétralement opposées, l'une ventrale, l'autre dorsale, dans un plan, par conséquent, comme les barbes d'une plume; ils ne sont dirigés, ni en dedans à la rencontre de ceux du côté opposé, pour former une sorte de cheminée, comme cela a lieu chez *Corystes* et chez *Pseudocorystes,* — ni en dehors, comme chez *Hypopeltarion,* genre très voisin d'*Atelecyclus.*

En arrière des fossettes antennulaires, où se trouvent les articles basilaires des antennes internes, triangulaires et légèrement poilus, se trouve l'épistome qui, presque plan, légèrement ondulé et glabre, réunit transversalement les deux gouttières expiratrices, dont il est séparé seulement de chaque côté par une ligne peu saillante garnie de quelques longs poils.

Au-devant de l'épistome s'avancent les pattes-mâchoires externes; leurs méropodites, abondamment poilus sur une partie de leur face inférieure et sur leur bord interne, atteignent le niveau des fossettes antennulaires, et les poils raides qui garnissent leur bord antérieur forment une sorte de rideau au-devant de ces fossettes, à une plus ou moins grande distance, suivant l'écartement des pattes-mâchoires externes.

II

Étude physiologique de l'animal dans l'eau. — Après cet aperçu sur la morphologie externe du crabe, voyons comment cet animal se comporte.

Dans un cristallisoir ne renfermant que de l'eau ou même dans un bac d'aquarium, il bouge peu; quand il se déplace, ses mouvements sont lents; cependant, il présente beaucoup de vigueur et une grande sensibilité aux attouchements : ses pinces, très sensibles, serrent fort. Au repos, il les tient repliées sous la carapace. Les pattes-mâchoires externes présentent une *immobilité remarquable,* que nous aurons à expliquer plus loin; quand l'animal respire, elles sont légèrement abaissées, rapprochées l'une de l'autre; elles n'effectuent

pas ces mouvements de latéralité si fréquents chez les crabes communs de nos côtes. En émergeant le front très légèrement, on voit l'eau qui arrive des gouttières expiratrices déborder de la chambre prostomiale, par la fente comprise entre les fossettes antennulaires et le rideau formé par les poils antérieurs des maxillipèdes. On constate souvent une asymétrie marquée dans le fonctionnement du scaphognathite d'un côté et de l'autre; car si, quand l'animal est dans une immobilité absolue, celui-ci (que l'on aperçoit) bat assez vite et régulièrement, dès que l'animal change (activement ou passivement) de position, les battements deviennent irréguliers; en particulier, pour produire une modification momentanée ou même un arrêt des mouvements du scaphognathite, il suffit d'attoucher avec la pointe d'une aiguille les poils du bord antérieur des maxillipèdes qui s'appliquent alors contre l'épistome, réduisant l'ouverture de la chambre prostomiale à une simple fente.

Ainsi, *immobilité des pattes-mâchoires, grande instabilité des mouvements du scaphognathite,* voilà quels sont les faits saillants que révèle un examen attentif du crabe dans l'eau.

Enfouissement du crabe. — Si l'on met le crabe sur du sable mouvant, en quelques instants il s'enfouit, ne laissant émerger que les antennes et quelquefois une partie du front.

Comme l'a vu Gosse en 1865 chez *Corystes* et, depuis, Garstang, le crabe s'enfouit par le jeu des quatre dernières paires de pattes thoraciques, tandis que leurs méropodites oscillent légèrement autour d'une position moyenne horizontale, les articles suivants, fléchis dans leur ensemble sur les premiers, pénètrent par saccades successives dans le sable, et bientôt ces membres disparaissent. En avant de la carapace, dont le bord est visible encore, les pinces forment une barrière transversale, en dedans de laquelle se dressent les maxillipèdes postérieurs. Le sable arrive par ondées successives par-dessus les pinces, qui disparaissent de plus en plus, et s'avance sur l'auréole de poils que nous avons décrite comme les vagues de la mer montante sur le rivage, pénétrant petit à petit dans le feutrage qu'ils forment.

A ce moment, une série de jets d'eau s'élèvent d'une façon

intermittente de cette ceinture qui s'ensable : des fusées de sable s'échappent circulairement autour du bord de la carapace, indiquant des chasses d'eau en arrière, dues à des renversements momentanés et successifs du courant respiratoire; ces chasses d'eau, que nous avons trouvées chez tous les Décapodes, sont suivies de la reprise immédiate du courant direct qui s'échappe par l'ouverture de la chambre prostomiale, qu'il dégage ainsi, formant une sorte de fossé en avant d'elle. Il y a en définitive, *pendant l'enfouissement, alternative de chasses d'eau en arrière et de chasses en avant,* les premières pour nettoyer le bord du branchiostégite qui s'ensable, les secondes pour déblayer la chambre prostomiale et son entrée. Celle-ci est indiquée de chaque côté par les antennes qui se dressent verticalement et dont les fouets ne jouent aucun rôle dans la vection de l'eau (1).

Étude de l'animal enfoui. — L'animal est caché; il garde une *immobilité complète;* un fossé s'est formé, soutenu d'un côté par l'avancée du front, de l'autre par le rideau des poils des maxillipèdes; les chasses d'eau ont cessé et par le fossé pénètre un courant d'eau qui va traverser la chambre branchiale en sens inverse du sens habituel, pour sortir par le bord inférieur du branchiostégite et traverser le sable maintenu par l'enchevêtrement des poils, comme elle traverserait un filtre de grès.

Mais il est bien rare que le fossé par lequel l'eau pénètre soit parfaitement constitué dès le début; il ne tarde pas à se produire des éboulements qui impressionnent les poils du bord antérieur des maxillipèdes; sous l'influence d'une excitation même minime, il suffit souvent d'un grain de sable qui roule dans l'abîme, le scaphognathite change pour un instant son allure, et il se produit une chasse en avant qui dégage et façonne à nouveau l'entrée de la chambre prostomiale. Ainsi, *quand l'animal est enfoui, surtout dans les premiers temps, le courant, continu et inverse, est interrompu par instants par des chasses en avant.* Une chasse se produit quand

(1) Quand on vient à toucher celles-ci, elles se couchent sur le sable, et, disposant leurs fouets à une petite distance l'un de l'autre et parallèlement, forment une sorte de gouttière vectrice.

l'animal effectue le plus léger mouvement, ce qui explique l'immobilité habituelle de l'animal, *immobilité adaptative,* et l'immobilité des pattes-mâchoires externes, qui contribuent à soutenir les parois du fossé inspirateur et qui sont le point de départ des réflexes. Les moindres manœuvres que l'on effectue pour constater le courant inverse chez l'animal enfoui (introduction d'une pipette chargée d'encre, etc.) peuvent être le signal avertisseur et déterminer le retour au courant direct pour des périodes plus ou moins prolongées.

III

Attitude des pattes-machoires et ses conséquences. — Toute cette étude sur ***Atelecyclus*** nous montre que chez lui, comme chez tous les *Corystidés* d'ailleurs, les pattes-mâchoires externes ont une forme et une attitude remarquables. Dans le mécanisme respiratoire, elles ont double rôle, mécanique et sensoriel, rempli en partie par les poils qui garnissent leurs méropodites, et qui exige leur immobilité absolue.

On peut se demander quelles sont les conséquences de l'immobilité des pattes-mâchoires externes chez ces formes fouisseuses? L'épipodite correspondant, qui d'habitude chez les crabes nettoie les faces internes des branchies, est inactif et peu développé. Il en résulte que les branchies n'offrent pas sur l'arête saillante formée par le vaisseau interne ces aspérités chitineuses en forme de crochet qui viennent rencontrer celles des poils des épipodites, ceux-ci grêles et peu développés. Les autres maxillipèdes n'effectuent que de faibles déplacements, et l'ornementation de la branchie qui est fonction, comme il est facile de le montrer, des mouvements des épipodites, est excessivement simple et limitée aux lamelles de la base.

Ailleurs, chez le *Pseudocorystes armatus,* tandis que les troisièmes épipodites sont grêles et courts, les seconds se meuvent dans la chambre branchiale, le long des flancs épiméraux, en dedans des branchies dont le vaisseau interne présente alors une série de crochets qui rencontrent ceux du fouet balayeur. Il y a chez cette forme suppléance physiologique des troisièmes épipodites par les seconds.

Conclusions

Nous avons indiqué, au cours de cette étude sur *Atelecyclus heterodon :*

1° La distribution, la variété et le rôle des poils;

2° L'importance des maxillipèdes et de leurs poils dans le mécanisme respiratoire;

3° Les modalités du renversement au cours de l'enfouissement;

4° L'immobilité habituelle des maxillipèdes et ses conséquences morphologiques (épipodites, ornementation des branchies).

Les poils ramifiés pénètrent et s'enchevêtrent dans le sable pour le maintenir, comme les racines des conifères et des graminées dans le sable des dunes; les poils raides du bord antérieur des maxillipèdes ont un double rôle, mécanique et avertisseur. Ils avertissent le scaphognathite, dont l'allure change aux diverses phases de l'enfouissement. Lorsque le crabe est immobile sur le sable, le courant est direct, avec de temps en temps quelques chasses en arrière; lorsqu'il s'enfouit, il y a alternative de chasses en avant et en arrière; enfin, quand il est enfoui, le courant est en général inverse, avec chasses en avant de plus en plus espacées.

VIII

DES ADAPTATIONS DES PATTES THORACIQUES

CHEZ LES HOMARIDÉS [1]

PAR

Le Dr Georges BOHN,

Agrégé, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris.

On sait que les Homaridés sont les ancêtres communs des Anomoures et des Brachyoures.

Dans l'étude physiologique des Décapodes que nous avons entreprise, nous nous sommes toujours efforcé de suivre l'ordre phylogénique; et il nous a paru que les Homaridés présentaient des faits intéressants, capables d'éclairer la biologie des Pagures, des Galathées et des Crabes.

Les Homaridés comprennent des formes marines et des formes d'eau douce (Écrevisses). Les formes marines indigènes sont les Homards, les *Nephrops* et les *Calocaris* fouisseurs; la vie fouisseuse se retrouve chez les *Thalassinidæ (Axius, Gebia, Callianassa)*, qui ne sont que des Homaridés adaptés à ce genre spécial de vie. Nous avons eu l'occasion d'observer ces divers genres, sauf les *Calocaris* et les *Axius*.

Chez tous ces animaux, la céphalisation est peu prononcée, et les cinq paires de pattes thoraciques, pattes marcheuses, présentent des variations dans la forme et dans la fonction remarquables.

[1] Ce travail a été l'objet d'une communication préliminaire à l'Académie des Sciences (14 novembre 1898).

Homard. — Voyons d'abord ce qui se passe chez le Homard.

Les trois premières paires de pattes thoraciques sont terminées en pince, les deux dernières sont monodactyles. La première paire constitue les « pinces », aux mains extrêmement grandes, comprimées et ovalaires, aux doigts mobiles internes. Les pattes des paires suivantes sont de longueur médiocre et à peu près de même forme; elles servent à la marche, mais elles peuvent aussi remplir d'autres fonctions, en particulier devenir des *pattes nettoyeuses*.

Les pattes des deuxième et troisième paires, terminées par des pinces garnies de soies, semblent éminemment propres à remplir ce rôle. En effet, en se repliant ventralement, elles nettoient la ligne thoracique sternale et les sillons successifs situés transversalement entre les divers articles basilaires des pattes, allant ainsi tout à fait en arrière. Elles peuvent également passer par-dessus les pinces pour nettoyer la face dorsale de ces appendices, et pour aller plus en avant brosser le bord antérieur du branchiostégite et atteindre parfois l'œil, la base des antennes, le rostre.

Les pattes de la quatrième paire peuvent nettoyer comme les précédentes; on les voit parfois frotter la face dorsale des appendices qui sont en avant d'elles et la carapace.

Mais ce sont surtout les pattes de la cinquième paire qui sont particulièrement propres au nettoiement; rarement elles reposent sur le sol; elles sont plus grêles, plus souples dans les articulations, réalisant déjà un peu le type des pattes postérieures des Galathéidés; d'ailleurs, elles peuvent, en se repliant sur les côtés de la carapace (les trois derniers articles fléchis sur les deux premiers), en prendre la position de repos. Si l'on vient à frotter les articles basilaires des pattes des trois dernières paires, ce sont ces pattes de la cinquième paire qui, en général, répondent à l'excitation; elles vont nettoyer les articles basilaires touchés et même souvent ceux qui sont plus en avant. Ce sont encore ces pattes qui réagissent lorsqu'on dépose du carmin sur les pattes ovigères; elles nettoient celles-ci, ainsi que les flancs épiméraux de l'abdomen, atteignant même les soies qui garnissent le telson.

Notons toutefois que ces pattes, qui brossent les articles basilaires et souvent aussi le bord du branchiostégite, ne pénè-

trent jamais à l'intérieur de la cavité branchiale, qui s'ouvre par une fente étroite, susceptible même au moindre attouchement de se rétrécir. Les branchies ont d'ailleurs des procédés de nettoiement assez complexes, quoique peu efficaces, et on remarquera que les Homards recherchent en général les eaux pures et les roches un peu profondes.

Nephrops. — Les *Nephrops,* qui ressemblent beaucoup aux Homards, habitent également, au dire de Risso, les grandes profondeurs rocailleuses; mais ils peuvent vivre aussi dans des plaines sableuses, profondes de cinquante brasses environ, comme cela a lieu au large d'Arcachon; les individus que nous avons examinés dans cette localité ont toujours montré une carapace sculptée, pubescente, *sableuse.*

L'allure générale des *Nephrops* est la même que celle des Homards, mais les mouvements sont plus lents et les appendices plus longs et plus sensibles. Les pattes des quatre dernières paires peuvent également jouer le rôle de pattes nettoyeuses; les pattes de la cinquième paire, en particulier, nettoient souvent les appendices et les épimères abdominaux. Mais ce sont les pattes de la quatrième paire qui, par leur allure un peu particulière, ont attiré notre attention.

Ayant placé un de nos *Nephrops* quelques instants dans un cristallisoir renfermant un fond sableux, nous avons vu ces pattes entrer en activité, et fonctionner comme si elles voulaient nettoyer une grande partie de la carapace et des appendices; nous avons été frappé par leur va et vient continuel de la région buccale à des points variés du corps; en observant avec soin, nous avons constaté que leurs extrémités étaient gluantes et qu'elles agglutinaient les grains de sable. Nous sommes arrivé ainsi rapidement à nous rendre compte qu'il s'agissait là d'une sorte d'*habillement par le sable,* et que les pattes de la quatrième paire jouaient, non pas précisément le rôle de pattes nettoyeuses, mais celui de *pattes habilleuses,* salissant la carapace plutôt que la nettoyant. On sait, en effet, que c'est à l'aide d'une sécrétion visqueuse recueillie dans la région de la bouche que les Crabes, dits araignées de mer, plantent sur leur dos les algues qui les dissimulent plus ou moins. Chez le *Nephrops,* les

pattes habilleuses gagnent la bouche, soit en passant au-dessus des pinces (mouvement observé chez le Homard), soit, par flexion des divers articles de ces pattes les uns sur les autres, en contournant par-dessous le faisceau des membres thoraciques. (On peut provoquer facilement ces mouvements en frottant la région antérieure du branchiostégite.) Une fois les pattes gluantes, elles agglutinent du sable et viennent le déposer à la surface pubescente de la carapace; l'aire couverte de poils semble correspondre aux excursions possibles de cet appendice. Nous n'avons pas observé l'ensablement de l'abdomen, mais nous pensons qu'il se fait par les pattes de la cinquième paire, qui gagneraient elles-mêmes la bouche ou qui frotteraient les extrémités gluantes des précédentes.

Thalassinidæ. — Chez les *Thalassinidæ,* que nous allons étudier maintenant, les pattes thoraciques présentent des différences notables suivant les genres; particulièrement entre les Gébies et les Callianasses, qui ont même appareil branchial, il y a une distinction tranchée, qui tient au mode différent d'activité. Les uns et les autres vivent dans des galeries souterraines; mais, d'après nos observations et nos expériences personnelles, les Gébies empruntent des galeries, tandis que les Callianasses les creusent.

Gébies. — Les Gébies ont des appendices thoraciques bien moins différenciés que les Callianasses. Les pattes antérieures, étroites, sont terminées par une main allongée, imparfaitement subchéliforme; le doigt, mobile, très long, se rabat contre une dent de la main qui tient lieu de doigt immobile. Les pattes des paires suivantes sont toutes du même type : les mains (pénultièmes articles), surtout celles de la deuxième paire, sont élargies et ciliées. *Ici, comme chez les* Nephrops, *ce sont surtout les deux paires de pattes postérieures qui, plus grêles et plus mobiles, jouent le rôle de nettoyeuses.* Celles de la quatrième paire nettoient les appendices thoraciques antérieurs et le bord antérieur externe du branchiostégite (région où bat le scaphognathite). Les pattes de la cinquième paire nettoient plus particulièrement la ligne sternale, les articles basilaires des pattes, les sillons qui les séparent; elles *fran-*

chissent facilement la ligne médiane, vont du côté opposé, et, comme aucune barrière ne les arrête, elles *pénètrent dans la chambre branchiale opposée*, l'article terminal pointu glissant dans les sillons interbranchiaux et entre les filets branchiaux eux-mêmes, — elles arrivent même sur la face interne du branchiostégite opposé et la balaient avec la main qui est en forme de brosse. Quand le nettoyage de la cavité branchiale est effectué d'un côté par la patte du côté opposé, sa symétrique entre en activité, et les deux pattes viennent au dehors se frotter l'une contre l'autre, l'une nettoyant l'autre. On peut provoquer ces mouvements en attouchant avec la pointe d'une aiguille la face interne du branchiostégite du côté où l'on veut produire le nettoiement, ou bien, si l'on a abattu à l'avance le branchiostégite, en déposant du carmin sur les branchies; dans ce dernier cas, les pattes de la quatrième paire concourent au nettoiement des branchies elles-mêmes.

Ainsi, les appendices thoraciques des Gébies, sauf les antérieurs qui sont en rapport avec les mœurs carnassières de ces animaux, sont nettoyeurs; ceux de la quatrième paire servent au nettoyage de la face externe des branchiostégites; ceux de la cinquième paire s'adaptent au nettoyage des branchies, si peu séparées du milieu extérieur, et à celui de la face interne des branchiostégites.

Callianasses. — Les Callianasses offrent une plus grande différenciation des appendices thoraciques. Les pattes-mâchoires externes, tout d'abord, sont particulièrement remarquables; « elles sont operculiformes, leurs premier et deuxième articles sont très larges et constituent par leur réunion un grand disque ovalaire, à l'extrémité antérieure duquel se trouve une petite tige formée par les trois derniers articles. » Les deux opercules sont inclinés l'un sur l'autre, laissant entre eux une concavité en forme d'*auge*. Les pattes antérieures sont très inégales (chez l'individu que nous avons observé, l'une d'elles, celle de gauche, manquait); le carpe et la main développés sont dans le prolongement l'un de l'autre et semblent ne former qu'une seule pièce comprimée; les pattes de la deuxième paire se terminent par une petite main didactyle comprimée également; celles de la troisième paire ont le

pénultième article très élargi, ovalaire, constituant une sorte de *truelle,* que l'animal peut rejeter latéralement; les pattes suivantes présentent un moindre élargissement; celles de la cinquième paire sont très grêles, subdidactyles.

Disposée dans un cristallisoir à fond sableux, la Callianasse ne tarde pas à fouir, et comme elle creuse en général ses galeries contre le verre, il est facile, relativement (car elle opère très vite), d'observer la façon dont elle s'y prend.

Après avoir erré quelques instants à la surface du sable, elle plonge la tête en avant, attaquant le sable en y enfonçant comme des pics les pattes des deux premières paires, et le rejetant ensuite sur le côté par l'écartement de ces membres aux derniers articles comprimés; elle se trouve bientôt dans une loge, et continuant à creuser, elle se fait une galerie horizontale.

Supposons l'animal circulant dans une galerie déjà faite et voyons comment il s'y prend pour l'agrandir.

1° Il se rend en un point latéral ou terminal de la galerie et creuse en ce point comme nous venons de l'indiquer. Le sable qui est ainsi mis en mouvement tombe dans l'auge formée par les maxillipèdes postérieurs; les petites tiges qui terminent ceux-ci, par des mouvements saccadés en arrière, contribuent à l'y accumuler; l'auge, qui s'emplit d'ailleurs aussi par le fond, ne tarde pas à déborder, et le sable vient glisser entre ses parois externes et les extrémités des pattes antérieures (première et deuxième paires) qui cessent leur va et vient pour venir embrasser la *pelletée de sable* ainsi formée.

2° Le sable ainsi accumulé est brassé dans l'auge, comme dans un mortier, par les petites tiges qui terminent les maxillipèdes et par les secousses des extrémités des pattes antérieures qui maintiennent à l'extérieur la pelletée; il se mélange intimement à une sécrétion visqueuse qui se déverse par la bouche (comme chez les *Nephrops*); et bientôt l'auge ne renferme plus du sable meuble, mais bien une sorte de *ciment* que l'animal va utiliser.

3° L'animal se transporte en un point voisin ou éloigné de la galerie, les opercules des maxillipèdes et les pattes antérieures soutenant la pelletée de ciment. Arrivé à destination,

les petites tiges des maxillipèdes effectuent des saccades qui sont cette fois dirigées de façon à rejeter le contenu de l'auge au dehors.

4° Les pinces des pattes antérieures saisissent les petits amas de grains de sable agglutinés répandus sur le sol et viennent les planter dans les parois mêmes de la galerie.

5° L'animal se déplace un peu, et il se sert des pattes de la troisième et aussi de la quatrième paire pour étendre le ciment à la surface de la galerie; on se rappelle que nous avons comparé les mains de la troisième paire à de véritables truelles.

C'est par ce mécanisme que la Callianasse creuse sa galerie, l'agrandit et en ferme l'entrée.

Finalement, elle se trouve dans un tube dont les parois intérieures sont recouvertes d'une couche de ciment; l'eau filtre à travers ces parois comme à travers les parois d'un filtre Chamberland; même quand le sable est vaseux, le contenu de la galerie est limpide. L'eau y est d'ailleurs renouvelée de temps à autre par les battements des pattes abdominales développées qui produisent de véritables chasses d'eau en arrière, qui se manifestent extérieurement au niveau des points faibles de la galerie.

On conçoit que, dans ces conditions, l'animal ait peu de chose à faire pour nettoyer sa carapace et ses branchies : les pattes fouisseuses (première et deuxième paires) et les pattes maçonnes (troisième et quatrième paires) sont peut-être bien nettoyeuses par instants, mais elles fonctionnent bien rarement comme telles; les pattes de la cinquième paire, plus grêles que les autres, ont, comme chez les Gébies, pour rôle de nettoyer les cavités branchiales, mais elles n'entrent en fonctionnement que quand un accident vient troubler la pureté du contenu de la galerie (introduction artificielle de carmin, par exemple).

Au cours des observations que nous avons entreprises et qui ont duré bien des journées et quelques nuits (car souvent la Callianasse travaille la nuit avec activité), l'animal est venu à perdre la truelle de gauche; les premières opérations ont continué à se faire; la Callianasse a creusé, mais elle n'a cimenté les parois qu'imparfaitement, et chaque fois qu'elle a

essayé de fouir horizontalement, la galerie s'est affaissée et le travail a été à recommencer; elle a fini par en prendre son parti, elle a creusé une chambre circulaire surmontée d'une cheminée, le tout parfaitement symétrique par rapport à un axe vertical; parfois, au repos dans la chambre, elle occupait en général dans ses périodes d'inactivité la cheminée, les pattes antérieures recourbées en dehors servant à soutenir l'animal, qui restait ainsi quelquefois fort longtemps à l'entrée de son terrier, adapté ainsi à une sorte de vie pagurienne.

Les Callianasses sont donc fouisseuses dans le sens propre du mot; et elles peuvent l'être parce qu'elles sont maçonnes, et elles peuvent être maçonnes parce qu'elles possèdent une sécrétion visqueuse qui s'échappe par la bouche. Les Gébies, qui peuvent fouir le sable, ne peuvent pas le transporter, et encore moins le cimenter, semble-t-il.

Dans la nature, on trouve en général les Gébies et les Callianasses associées, et il est permis de penser que les unes empruntent les galeries creusées par les autres. Dans la plaine de sable vaseux qui découvre entre la jetée de Saint-Vaast-la-Hougue et l'île de Tatitou lors des grandes marées, les pêcheurs de *Solen* rencontrent fréquemment des galeries, au ciment jaunâtre, où circulent *Callianassa subterranea* et *Gebia deltura;* c'est sur ces animaux que nous avons trouvés nous-mêmes que nous avons fait nos observations en septembre 1897; nous les avons complétées sur *Gebia stellata* à Arcachon (plage d'Eyrac), où l'on trouve *Callianassa subterranea.*

Dans les cristallisoirs où nous les avons placées, les Gébies (après quelques essais infructueux, *G. stellata*) ont vécu constamment hors du sable; d'ailleurs, elles viennent quelquefois en bandes à la côte, et *G. deltura* est fréquemment pigmenté (teintes des Pagures).

Ces détails sur l'enfouissement nous ont paru d'autant plus intéressants à publier que les auteurs discutent à ce sujet. Tandis que Bell dit à propos des Gébies : « Le moyen par lequel s'effectue le creusement est *absolument inconnu,* » Milne-Edwards (*Crustacés,* II, p. 308) dit au sujet des Callianasses : « Le pénultième article des pattes de la troisième paire est presque ovalaire et constitue une sorte de bêche, à

l'aide de laquelle ces crustacés creusent le sable et s'y enfoncent. » Nous venons de démontrer que cela est absolument faux.

Conclusions. — Mais tous ces faits nous ont paru avoir un intérêt plus général. En même temps que nous avons vu dans la série des Homaridés les pattes de la cinquième paire, de pattes nettoyeuses des articles basilaires des appendices devenir pattes nettoyeuses des branchies, qui en sont des productions, nous avons vu les autres pattes tantôt être *nettoyeuses* des flancs de l'animal et des appendices *(Homard)*, tantôt devenir *habilleuses*, chargées d'appliquer le ciment qu'elles recueillent au pourtour de la bouche sur la carapace de l'animal (*Nephrops*, quatrième paire), tantôt devenir *maçonnes :* au lieu d'appliquer le ciment sur le corps, elles l'appliquent sur les parois de la galerie où l'animal loge (*Callianassa*, troisième et quatrième paires), tantôt enfin fouisseuses (*Callianassa*, première et deuxième paires).

Nous avons retrouvé chez les Homaridés *(Nephrops, Callianassa)* une sécrétion œsophagienne visqueuse, comme chez les Crabes qui s'habillent d'algues; un *Stenorhyncus tenuirostris*, ramené à Arcachon en même temps qu'un *Nephrops*, était en partie habillé de sable. Et l'on peut se demander si cette sécrétion ne jouerait pas un rôle important pour le maintien du sable autour de l'ouverture de la chambre prostomiale chez les Crabes fouisseurs, ouverture par laquelle pénètre le courant respiratoire devenu inverse.

IX

DES MIGRATIONS SAISONNIÈRES
DANS LE BASSIN D'ARCACHON

CRUSTACÉS DÉCAPODES (SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1898)

PAR

Le Dr Georges BOHN,

Agrégé, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris.

Le bassin d'Arcachon forme une vaste dépression dont les hauts fonds et les courants sont bien connus; les bordures des bancs de sable toutes couvertes de zostères *(crassats)* et les *chenaux* sont riches en espèces variées; le zoologiste qui vient les recueillir peut se livrer aisément à des recherches biologiques intéressantes, comme le prouvent les travaux de Lafont, fondateur du Laboratoire, et ceux plus récents de Viallanes. En particulier, le bassin, qui communique largement avec l'Océan, semble fait à souhait pour l'étude des migrations saisonnières.

Du 20 au 25 octobre de cette année, nous avons pu y constater des modifications importantes dans la distribution des Crustacés Décapodes.

Les *Carcinus mœnas* Penn. se trouvent l'été en abondance dans le bassin, en particulier sur le rivage, au sémaphore, au phare, à la villa Algérienne, endroits où les courants rejettent des cadavres dont ces Crabes font leur nourriture, et aussi à la pointe d'Eyrac, toujours plus ou moins souillée de détritus divers. Dès le 15 octobre, ces crustacés ont abandonné les

terriers qu'ils se creusent dans la *dune* du phare, plaine vaso-sableuse recouverte par l'eau des grandes marées; vers le 25 du même mois, on les voyait aller en bandes, les uns pour s'enterrer plus tard sur le bord des crassats, les autres pour gagner le fond des chenaux. A la même date, les *Crangon vulgaris* Fabr. (vulgairement appelés *Boucs*), qui vivaient dans le sable de la plage et pullulaient à l'Aiguillon et aux alentours du trinquat d'Arams, ont disparu presque complètement. De même, les Palémons (*Palæmon squilla* L., etc.), alors que d'autres hôtes des mêmes zostères, les *Hippolyte viridis* Otto, crevettes allongées, vertes ou brunes suivant les fonds sur lesquels elles vivent, et diverses araignées de mer, *Stenorhyncus phalangium* Penn. et *Pisa gibbsi* Leach, continuaient à y pulluler.

A côté des migrations en profondeur que nous venons de signaler, nous devons mentionner des migrations de plus grande étendue effectuées par les Crabes nageurs de la famille des Portunes. A la fin d'octobre, les *Portunus arcuatus* Leach ont apparu en abondance dans les zostères d'Arams, abandonnant les rochers sous lesquels on les trouvait auparavant, ou venant de l'Océan, comme sans doute ce *Portunus marmoreus* Leach adulte, que j'ai trouvé dans les herbiers près du débarcadère le 28 octobre, bien que l'espèce n'ait pas encore été signalée dans le bassin. D'après les pêcheurs de l'endroit, les *P. puber* Leach (Étrilles), qui parcourent le bassin d'août à octobre, disparaissent en novembre pour ne réapparaître qu'en août; en septembre, on les pêche assez abondamment sur les bancs où l'on va chercher la Torpille. Les *Polybius Henslowi* Leach (verres de montre), qui parcourent en bandes les eaux de l'océan (en septembre, particulièrement à 20 mètres de profondeur et à 3 milles de la côte), d'où les filets des bateaux de pêche les ramènent en quantités prodigieuses, peuvent pénétrer à certains moments dans le bassin; au commencement de l'hiver, en novembre en particulier, ils remontent par les passes jusqu'au Moulleau et même jusqu'au banc de Bernett.

Si les migrations des espèces qui viennent habiter momentanément les crassats sont faciles à constater, il n'en est pas de même pour celles qui habitent le fond des chenaux, tels

que les *Platycarcinus pagurus* L. et les *Maïa squinado* Latr., espèces communes dans l'Océan, et pour les espèces littorales, qui vivent enfouies dans le sable, dans la vase ou cachées sous les rochers.

Espèces des sables. — Les sables abondent à Arcachon. Sur la plage se promènent de petits Pagures aux vives couleurs, *Clibanarius misanthropus* Risso (*Pagurus oculatus* du catalogue de Fischer), et de jeunes Bernards l'Hermite, *Eupagurus Bernhardus* L.; les Crangons y vivent enfouis. Au grand banc, on trouve les mêmes Pagures, mais plus abondants; au banc de Bernett et au Moulleau pullulent, en outre, les *Diogenes pugilator* Roux (désignés par Fischer sous le nom de *P. Lafonti*); ces petits crustacés ont la pince gauche très développée; ils s'enfouissent dans le sable complètement, couchant alors leurs antennes plumeuses à sa surface et renversant le sens du courant respiratoire tout comme divers crabes fouisseurs, les *Corystes*, qui abondent au large à la fin de l'hiver, et les *Portumnus latipes* Penn., que j'ai trouvés en face des Figuiers, mais surtout au cap Ferret; à marée basse, ceux-ci courent sur le sable, sur lequel ils laissent des traces de leur passage, ou s'enfouissent, particulièrement dans les petites mares laissées derrière elle par la mer qui descend.

Espèces des sables vaseux. — A la pointe d'Eyrac, sous une cuvette où poussent des zostères nains, vivent enfouies des *Gebia littoralis* Desm.

Espèces des rochers. — Dans les rochers d'Arams, qui forment digue en face de l'Aiguillon, on trouve à côté de quelques *Carcinus mænas* et de *Portunus arcuatus*, crabes à carapace ronde, d'autres crabes à carapace carrée, d'un vert bigarré, les Eriphies (*E. spinifrons* Herbst.), épaisses, épineuses et féroces, et les Grapses (*Pachygraptus marmoratus* Fabr.), lisses et agiles. Ce sont des espèces qui quittent peu les rochers, sous lesquels elles restent cachées le jour; en septembre, nous avons rencontré cependant des jeunes jusque dans le voisinage du grand banc.

Parmi les Hydraires et les Moules qui recouvrent les pon-

tons à charbons, en face de Saint-Ferdinand, on trouve des *Pilumnus hirtellus* Leach, crabes voisins des Eriphies, et des *Pinnotheres pisum* Penn., voisins des Grapses; ils logent dans les coquilles mêmes.

Pendant les mois de septembre et octobre, les bateaux de pêche de la Compagnie Johnston ont ramené de l'Océan un certain nombre d'espèces en extrême abondance; ce sont : *Stenorhyncus longirostris* Fabr., *Inachus scorpio* Fabr., *Munida Rondeletii* Bell, *Nephrops norwegicus* Leach; tous ces crustacés, munis de pinces très longues et excessivement sensibles aux attouchements, possédaient en général un revêtement de sable; en octobre, la pêche sur les fonds sableux au large des passes ramena également en grande quantité des *Gonoplax rhomboïdes* Desm.

X

LISTE DES MOLLUSQUES MARINS

RECUEILLIS A GUÉTHARY ET A SAINT-JEAN-DE-LUZ

PAR

H. FISCHER.

L'intérêt que présente l'étude de la faune malacologique du Sud-Ouest de la France a été assez souvent mis en lumière pour qu'il soit inutile d'en faire une nouvelle démonstration; les recherches de divers naturalistes ont progressivement enrichi la liste des espèces de ces parages et fait connaître un nombre de plus en plus grand de formes qu'on croyait propres à la Méditerranée.

Lors de différentes excursions à Guéthary et à Saint-Jean-de-Luz, et notamment pendant l'automne 1898, j'ai eu l'occasion de recueillir plusieurs formes nouvelles pour ces localités. Bien que l'examen des matériaux réunis ne soit pas achevé, il m'a semblé qu'une note préliminaire sur cette question pourrait rendre quelque service en engageant les naturalistes à fouiller plus complètement cette région encore mal connue et pourtant très intéressante, à cause de sa situation méridionale, pour la comparaison des espèces océaniques et méditerranéennes : les *Haliotis tuberculata* y présentent des variétés qui conduisent au type moyen des *H. lamellosa* de la Méditerranée; l'étude des *Mytilus*, des *Patella* montre des faits analogues qu'il est important de noter pour connaître l'étendue des variations spécifiques.

La rade de Saint-Jean-de-Luz offre des conditions biologiques exceptionnellement favorables. La zone littorale y est très riche : j'ai été très surpris d'y trouver un *Melampus* vivant (et dans son habitat normal), que je rapporte provisoirement à une espèce connue de Madère. Les graviers mêlés de débris de coquilles qui remplissent les anfractuosités de rochers, près de la jetée Sainte-Barbe, renferment un très grand nombre d'espèces variées, représentées par des spécimens généralement morts, mais très frais. Dans la rade vivent de nombreuses formes qu'on peut atteindre en tout temps par la drague : les fonds vaseux situés près de la digue centrale renferment en grande quantité des exemplaires vivants de *Ringicula, Rhaphitoma, Nucula,* etc., et les sables vaseux du milieu de la rade fournissent des petites espèces dont quelques-unes se rencontrent normalement au large.

La station de Guéthary, où la Société scientifique d'Arcachon possède un laboratoire annexe, offre de précieuses ressources aux naturalistes; on trouve, en effet, dans cette localité des spécimens vivants d'espèces généralement difficiles à obtenir en cet état, tels que *Triforis perversa, Cerithiopsis tubercularis, C. minima, C. bilineata.*

Citons, parmi les formes curieuses ou nouvelles pour la région : *Gadinia Garnoti, Pleurobranchus aurantiacus, Elysia elegans, Pelta coronata,* etc.

Le nombre des espèces que j'ai recueillies dans ces deux localités s'élève à 169; en y ajoutant des formes que je n'ai pas rencontrées, mais qui ont été signalées par A. Lafont, P. Fischer, A. Granger, et plus récemment par Ph. Dautzenberg, A. Locard, etc., on arrive, après avoir éliminé les espèces douteuses et celles qu'il faut réduire au rang de variété, à un total supérieur à 200 espèces. Ce chiffre, déjà important pour un seul point des côtes océaniques, s'augmentera sensiblement lorsque l'étude des Opisthobranches, à peine ébauchée, sera plus avancée.

Parmi les 169 espèces énumérées ci-après, plus de 50 sont signalées pour la première fois dans ces deux localités, et quelques-unes sont nouvelles pour les côtes océaniques de France ou même d'Europe.

J'adresse, en terminant, tous mes remerciements à la Société

scientifique d'Arcachon, qui a mis libéralement à ma disposition l'annexe de Guéthary et la drague de ses laboratoires. Ce modeste travail, auquel elle a bien voulu s'intéresser, est dû à son bienveillant appui.

1. *Melampus exiguus* Lowe (?). Saint-Jean-de-Luz, sous les pierres, au niveau des premiers rochers, entre la plage et la jetée Sainte-Barbe. Un seul exemplaire vivant au milieu des *Leuconia bidentata*. La présence de ce genre sur nos côtes françaises est assez inattendue. Il est difficile de dire s'il vit normalement dans cette région, ou bien s'il s'agit d'une introduction artificielle; cette dernière hypothèse est très peu vraisemblable, le port de Saint-Jean-de-Luz n'étant que très rarement visité par des navires au long cours. Notre spécimen ne diffère du type de Madère, décrit par Lowe, que par sa taille plus faible et par le moindre développement des trois dents pariétales et du bourrelet interne du labre.
2. *Alexia myosotis* Draparnaud. Saint-Jean-de-Luz.
3. *Leuconia bidentata* Férussac. Recueilli vivant à Saint-Jean-de-Luz, au même endroit que le *Melampus,* dans la partie élevée de la zone de balancement des moyennes marées.
4. *Gadinia Garnoti* Payraudeau. Saint-Jean-de-Luz, dans les sables et débris coquilliers, entre les rochers situés en dedans de la jetée Sainte-Barbe. Un seul exemplaire jeune, mais bien conforme aux spécimens de la Méditerranée.
5. *Chromodoris elegans* Cantraine. Guéthary.
6. *Dendronotus arborescens* Müller. Guéthary.
7. *Æolis Landsburghi* Alder et Hancock. Guéthary.
8. *Æolis conspersa* P. Fischer. Guéthary.
9. *Elysia elegans* Quatrefages. Guéthary. Plusieurs exemplaires adultes, qui ont pondu en captivité. Ils concordaient parfaitement avec la description de Quatrefages, notamment par l'absence de cercle autour des yeux, la position de ceux-ci, la coloration de la partie antérieure de la tête et des tentacules, la coloration générale, leur petite taille, etc.
10. *Cylichna semisulcata* Philippi. Saint-Jean-de-Luz, sables de la jetée Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
11. *Cylichna umbilicata* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
12. *Cylichna cylindracea* Pennant. Avec le précédent.
13. *Volvula acuminata* Bruguière. Avec le précédent. Cette espèce habite une zone plus profonde et n'est que rarement rejetée près de la côte.
14. *Haminea cornea* Lamarck. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
15. *Philine catena* Montagu. Avec le précédent.

16. *Ringicula conformis* Monterosato. J'ai dragué en abondance cette intéressante espèce dans les bas-fonds vaseux de la rade de Saint-Jean-de-Luz, non loin de la digue centrale.
17. *Pleurobranchus plumula* Montagu. Guéthary.
18. *Pleurobranchus aurantiacus* Risso. Guéthary. Il est intéressant de retrouver en ce point cette espèce bien connue dans la Méditerranée.
19. *Pelta coronata* Quatrefages. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary : exemplaires de petite dimension, mais bien caractérisés, avec deux traînées blanchâtres transversales. Socoa, près Saint-Jean-de-Luz : exemplaires très foncés, uniformément pigmentés.
20. *Clathurella purpurea* Montagu. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary.
21. *Clathurella Philberti* Mich. var. *bicolor* Risso. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe : exemplaires de coloration très foncée.
22. *Clathurella linearis* Montagu. Avec le précédent et dragué dans la rade.
23. *Rhaphitoma nebula* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe. Nombreux spécimens vivants dragués dans la vase de la rade, près de la digue centrale.
    — var. *lævigata* Philippi. Même provenance. Les échantillons présentent exactement la coloration typique de cette variété, mais possèdent une sculpture spirale sensiblement marquée.
24. *Raphitoma attenuata* Montagu. Exemplaire vivant dragué dans la vase de la rade de Saint-Jean-de-Luz.
25. *Mangilia costata* Pennant. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et fonds vaseux de la rade.
26. *Hædropleura septangularis* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
27. *Nassa* (*Hinia*) *reticulata* Linné. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary. Saint-Jean-de-Luz.
28. *Nassa* (*Hima*) *incrassata* Müller. Espèce très abondante sur toute la côte.
29. *Nassa* (*Hima*) *pygmæa* Lamarck. Saint-Jean-de-Luz. Nombreux spécimens dragués vivants dans les fonds vaseux de la rade; quelques exemplaires rejetés sur les jetées Sainte-Barbe et Socoa.
30. *Nassa* (*Amycla*) *corniculum* Olivi. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary. Saint-Jean-de-Luz : exemplaires recueillis vivants sur les zostères, en dedans de la jetée de Socoa.
31. *Ocinebra Edwardsi* Payraudeau. Espèce abondante sur toute la côte.
32. *Ocinebra aciculata* Lamarck. Saint-Jean-de-Luz, jetées Sainte-Barbe et Socoa. Je n'ai pas trouvé cette espèce à Guéthary.
33. *Ocinebra erinaceus* Linné. Abondant sur toute la côte.
34. *Purpura hæmastoma* Linné. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary : exemplaires roulés représentant les deux variétés connues à tubercules saillants et à tubercules obsolètes.

35. *Purpura lapillus* var. Le spécimen unique, recueilli à Guéthary, est une très curieuse variété se rapprochant beaucoup de la var. *carinata* Wood, fossile du Crag.
36. *Triton cutaceus* Linné. Des spécimens habités par des Pagures se trouvent fréquemment sur toute la côte.
37. *Triton nodiferus* Lamarck. Espèce ramenée du large par les pêcheurs.
38. *Trivia europæa* Montagu, var. *tripunctata* Requien. Spécimens vivants recueillis à Guéthary, sous les pierres. Cette espèce se trouve également à Saint-Jean-de-Luz; sa taille est très variable.
39. *Erato lævis* Donovan. Saint-Jean-de-Luz : un exemplaire roulé, dans les sables de Sainte-Barbe.
40. *Triforis perversa* Linné var. Cette espèce se rencontre sur tous les points de la côte; on trouve souvent des exemplaires vivants à Guéthary, sous les pierres. Les variétés de forme sont très nombreuses.
41. *Bittium reticulatum* da Costa. Très commun sur toute la côte.
42. *Cerithiopsis bilineata* Hoernes. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary. Saint-Jean-de-Luz. Vit sous les pierres.
43. *Cerithiopsis minima* Brusina. Avec le précédent, mais plus rare. Espèce bien connue dans la Méditerranée, et qu'il est intéressant de retrouver dans cette région.
44. *Cerithiopsis tubercularis* Montagu. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz.
45. *Cerithiopsis Metaxæ* Delle Chiaje. Saint-Jean-de-Luz, dans les sables de Sainte-Barbe. Cette espèce, habitant principalement la Méditerranée, a été signalée à Hendaye par quarante-cinq brasses (P. Fischer).
46. *Cæcum trachea* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
47. *Cæcum glabrum* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
48. *Littorina neritoides* Linné. Très commun sur toute la côte.
49. *Littorina obtusata* Deshayes. Guéthary : peu abondant.
50. *Littorina littorea* Linné. Guéthary.
51. *Littorina rudis* Maton. Guéthary.
52. *Fossarus costatus* Brocchi. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
53. *Fossarus ambiguus* Linné. Pointe Merconia, près Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
54. *Skenecia planorbis* Fabricius. Toute la côte.
55. *Rissoa Guerini* Recluz. Très commun sur toute la côte.
56. *Rissoa* (*Turbella*) *parva* Da Costa. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz. — var. *inconspicua* Alder. Saint-Jean-de-Luz, jetée Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
57. *Rissoa* (*Turbella*) *dolium* Nyst. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade. Cette espèce a été trouvée à Biarritz par P. Fischer (note manuscrite).

58. *Rissoa* (*Persephona*) *lilacina* Recluz. Saint-Jean-de-Luz, jetée Sainte-Barbe.
59. *Rissoa* (*Alvania*) *calathus* Forbes et Hanley. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe : peu commun.
60. *Rissoa* (*Acinopsis*) *cancellata* Da Costa. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
61. *Rissoa* (*Massotia*) *lactea* Michaud. Vit sur toute la côte.
62. *Rissoa* (*Galeodina*) *carinata* Da Costa. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
63. *Rissoa* (*Manzonia*) *costata* Adams. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
64. *Rissoa* (*Cingula*) *semistriata* Montagu. Toute la côte.
65. *Rissoa* (*Cingula*) *cingillus* Montagu var. Saint-Jean-de-Luz, premiers rochers entre la plage et la jetée Sainte-Barbe. Variété très peu colorée; la plupart des échantillons sont même uniformément blanchâtres, sans bandes.
66. *Rissoa* (*Setia*) *fulgida* Adams. Toute la côte.
67. *Rissoa* (*Onoba*) *striata* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, Socoa et Sainte-Barbe, et dragué dans la rade.
68. *Rissoa punctura* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade : assez rare. Cette espèce a été trouvée à Biarritz par P. Fischer (note manuscrite).
69. *Barleeia rubra* Adams. Espèce abondante sur toute la côte. On trouve à Saint-Jean-de-Luz, dans les sables de Sainte-Barbe, la variété blanche allongée.
70. *Plagiostyla asturiana* P. Fischer. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade. J'ai recueilli plusieurs exemplaires de cette rare espèce.
71. *Truncatella subcylindrica* Linné, var. *lævigata* Risso. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
72. *Capulus hungaricus* Linné. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
73. *Natica catena* Da Costa. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
74. *Natica Alderi* Forbes. Saint-Jean-de-Luz, Sainte-Barbe et Socoa; dragué des exemplaires vivants dans les fonds vaseux de la rade.
75. *Adeorbis subcarinatus* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
76. *Scalaria communis* Lamarck. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, Socoa et Sainte-Barbe, et dragué dans les fonds vaseux de la rade.
77. *Scalaria crenata* Linné. Toute la côte. Recueilli des spécimens vivants dans les sables coquilliers de Sainte-Barbe.
78. *Scalaria clathratula* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
79. *Eulima* (*Vitreolina*) *incurva* Renier. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
80. *Odostomia rissoides* Hanley. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.

81. *Odostomia plicata* Montagu. Avec le précédent.
82. *Odostomia* (*Parthenina*) *spiralis* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
83. *Odostomia* (*Parthenina*) *indistincta* Montagu. Avec le précédent.
84. *Odostomia* (*Parthenina*) *interstincta* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe et dragué dans la rade.
85. *Odostomia* (*Parthenina*) *excavata* Philippi. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
86. *Turbonilla lactea* Linné. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
87. *Phasianella pullus* Linné. Toute la côte.
88. *Turbo rugosus* Linné. Guéthary.
89. *Monodonta* (*Trochocochlea*) *crassa* Pulteney. Très abondant sur toute la côte.
90. *Gibbula obliquata* Gmelin. Très commun sur toute la côte. Forme plus globuleuse que le type et à spire plus haute.
91. *Gibbula cineraria* Linné. Toute la côte.
92. *Gibbula magus* Linné. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz.
93. *Calliostoma conuloides* Lamarck. Toute la côte.
94. *Calliostoma striatum* Linné. Saint-Jean-de-Luz : exemplaires vivants, à Socoa, sur les zostères, en dedans de la jetée; dragué dans les fonds vaseux de la rade.
95. *Calliostoma exasperatum* Pennant. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, Sainte-Barbe et Socoa, et dragué dans les fonds vaseux de la rade.
96. *Circulus striatus* Philippi. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade. Rare.
97. *Haliotis tuberculata* Linné. Toute la côte. Les spécimens présentent pour la plupart la forme générale de l'*H. lamellosa* de la Méditerranée; leurs plis sont fréquemment très accentués, mais sans être aussi exagérés que chez certains exemplaires de la forme méditerranéenne.
98. *Emarginula rosea* Bell. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
99. *Fissurella gibberula* Lamarck. Toute la côte.
100. *Fissurella reticulata* Donovan. Avec le précédent.
101. *Acmæa virginea* Müller. Toute la côte.
102. *Patella lusitanica* Gmelin. Pointe Merconia, près Guéthary. Partie supérieure de la zone littorale.
103. *Patella vulgata* Linné. Toute la côte. La forme typique se rencontre à la partie supérieure et moyenne de la zone littorale; plus bas, on rencontre une forme signalée par P. Fischer, rappelant l'aspect de *P. cœrulescens* de la Méditerranée.
104. *Patella athletica* Bean. Toute la côte, dans le bas de la zone littorale. Certains spécimens atteignent de grandes dimensions.
105. *Helcion pellucidum* Linné. Guéthary. Pointe d'Eroumardi, près Guéthary, sur les laminaires.
— var. *lævе* Pennant. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.

106. *Chiton marginatus* Pennant. Toute la côte.
107. *Holochiton cajetanus* Poli. Commun sur toute la côte.
108. *Anisochiton discrepans* Brown. Toute la côte.
109. *Sepia Orbignyana* Férussac. Sépions rejetés à la côte, à Guéthary.
110. *Octopus vulgaris* Lamarck. Toute la côte.
111. *Dentalium novemcostatum* Lamarck. Beaux exemplaires vivants, dragués à Saint-Jean-de-Luz, dans les fonds vaseux de la rade, remarquables par leur coloration rougeâtre.
112. *Nucula nitida* Sowerby. Saint-Jean-de-Luz, dragué vivant dans les fonds vaseux de la rade.
113. *Nucula nucleus* Linné. Avec le précédent.
114. *Anomia ephippium* Linné. Toute la côte.
115. *Arca tetragona* Poli. Saint-Jean-de-Luz.
116. *Arca lactea* Linné. Commun sur toute la côte.
117. *Pectunculus...* sp. Saint-Jean-de-Luz : très jeunes exemplaires dans les sables de Sainte-Barbe et dragués dans la rade.
118. *Mytilus galloprovincialis* Lamarck. Toute la côte. De nombreux exemplaires se rapprochent des var. *acrocyrta* et *abbreviata* Locard.
119. *Mytilus* (*Mytilaster*) *minimus* Poli. Guéthary. Pointe Merconia, près Guéthary, dans l'épaisseur des *Lithothamnion*. Saint-Jean-de-Luz, à l'entrée du port, au milieu des *M. galloprovincialis;* Sainte-Barbe et Socoa. Très commun.
120. *Modiola barbata* Linné. Toute la côte.
121. *Modiola phaseolina* Philippi. Guéthary.
122. *Modiolaria marmorata* Forbes. Saint-Jean-de-Luz, jetée Sainte-Barbe et dragué dans la vase de la rade.
123. *Modiolaria costulata* Risso. Saint-Jean-de-Luz, Socoa et Sainte-Barbe.
124. *Modiolaria subclavata* Libassi. Saint-Jean-de-Luz, jetée Sainte-Barbe et dragué dans les fonds vaseux de la rade.
125. *Modiolaria sulcata* Risso. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
126. *Radula* (*Mantellum*) *hians* Gmelin. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz.
127. *Hinnites distortus* Da Costa. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz : on trouve dans le sable de Sainte-Barbe des exemplaires non déformés (= *Chlamys multistriata*).
128. *Chlamys varia* Linné.
129. *Astarte triangularis* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
130. *Woodia digitaria* Linné. Avec le précédent.
131. *Kellya suborbicularis* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
132. *Montaguia ferruginosa* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans les fonds vaseux de la rade.
133. *Montaguia bidentata* Montagu. Avec le précédent.

134. *Galeomma Turloni* Sowerby. Exemplaire vivant observé à Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
135. *Lasæa rubra* Montagu. Guéthary. Pointe Merconia, près Guéthary. Saint-Jean-de-Luz.
136. *Venus gallina* Linné, var. *striatula* Da Costa. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
137. *Chione* (*Ventricola*) *verrucosa* Linné. Saint-Jean-de-Luz.
138. *Dosinia exoleta* Linné. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
139. *Circe* (*Gouldia*) *minima* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
140. *Lucinopsis undata* Pennant. Avec le précédent.
141. *Tapes decussatus* Linné. Saint-Jean-de-Luz.
142. *Tapes rhomboides* Pennant. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans les fonds vaseux de la rade.
143. *Tapes pullastra* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, Socoa.
144. *Venerupis irus* Linné. Guéthary et Saint-Jean-de-Luz.
145. *Petricola lithophaga* Retzius. Guéthary. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
146. *Donax* (*Serrula*) *vittatus* Da Costa. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
147. *Psammobia fœroensis* Chemnitz. Avec le précédent.
148. *Psammobia depressa* Pennant. Saint-Jean-de-Luz, Sainte-Barbe et Socoa.
149. *Ceratisolen legumen* Linné. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
150. *Mactra corallina* Linné, var. *atlantica* Bucquoy, Dautzenberg et Dollfus. Avec le précédent.
151. *Mactra* (*Hemimactra*) *subtruncata* Montagu. Saint-Jean-de-Luz, Sainte-Barbe : nombreux exemplaires vivants dragués dans la rade.
152. *Cardium aculeatum* Linné. Saint-Jean-de-Luz : jeunes spécimens dragués dans la rade.
153. *Cardium tuberculatum* Linné. Avec le précédent.
154. *Cardium papillosum* Poli. Avec le précédent et dans les sables de Sainte-Barbe.
155. *Corbula gibba* Olivi. Saint-Jean-de-Luz, Sainte-Barbe : nombreux exemplaires vivants dragués dans les fonds vaseux de la rade.
156. *Sphenia Binghami* Turton. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
157. *Saxicava rugosa* Linné. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
158. *Gastrochæna dubia* Pennant. Avec le précédent.
159. *Pholas dactylus* Linné, var. *callosa* Cuvier. Avec le précédent.
160. *Pholas parva* Montagu. Avec le précédent.
161. *Pholadidea papyracea* Turton. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe. Espèce recueillie à Saint-Sébastien par P. Fischer (note manuscrite).

162. *Jagonia reticulata* Poli. Espèce abondante sur toute la côte.
163. *Divaricella divaricata* Forbes et Hanley. Socoa et dragué dans la rade.
164. *Lucina borealis* Linné. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
165. *Tellina fabula* Gronovius. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans les fonds vaseux de la rade.
166. *Tellina donacina* Linné. Saint-Jean-de-Luz, dragué dans la rade.
167. *Tellina pusilla* Philippi. Saint-Jean-de-Luz, sables de Sainte-Barbe.
168. *Syndesmya alba* Wood. Saint-Jean-de-Luz, Socoa; dragué des exemplaires vivants dans les fonds vaseux de la rade.
169. *Pandora inæquivalvis* Linné. Dragué dans la rade de Saint-Jean-de-Luz avec le précédent.

XI

EXCURSION ZOOLOGIQUE AU LABORATOIRE D'ARCACHON

(22 MAI 1898)

PAR

M. A. GRUVEL,

Chargé de cours de Zoologie à la Faculté des Sciences.

La zoologie est une de ces sciences qui ne s'apprennent pas que dans les livres, j'allais presque dire qui ne s'apprennent pas dans les livres; c'est, en effet, surtout une science d'observation.

Depuis longtemps déjà, j'ai reconnu, et je ne suis pas le seul, quels excellents résultats on peut obtenir par un séjour au bord de la mer, ce séjour fût-il même très court, lorsque l'on a près de soi une personne capable de fournir quelques-uns des nombreux renseignements dont on peut, à chaque instant, avoir besoin.

Deux catégories d'étudiants fréquentent nos Facultés des Sciences : ceux qui aspirent à la licence et ceux, beaucoup plus nombreux, qui, se destinant à la médecine, viennent préparer chez nous le certificat des sciences physiques, chimiques et naturelles.

Les uns doivent compléter leur enseignement théorique sérieux par des connaissances pratiques, à mon avis, chez nous, beaucoup trop restreintes; les autres doivent, en un an, acquérir des connaissances générales sur l'ensemble du règne animal. C'est pour ceux-ci surtout que l'enseignement par la

vue s'impose! C'est, par conséquent, pour cette dernière catégorie d'étudiants que les études pratiques et les excursions zoologiques seraient vraiment efficaces!

Comment, en effet, penser donner à ces jeunes gens une idée, aussi vague soit-elle, de l'ensemble des groupes zoologiques, si l'on se contente des leçons théoriques où, la plupart du temps, on n'a à leur montrer que des dessins plus ou moins schématisés, le plus souvent faits à la hâte par un de ces élèves, à l'enseignement desquels ils sont destinés, et dont on est encore bien heureux d'accepter les bons offices, car sans cela on n'aurait la plupart du temps rien à leur montrer du tout, ce qui serait encore pire!

Les séances de travaux pratiques donnent à ce point de vue d'excellents résultats, mais elles sont loin d'être suffisantes; car ce qu'il faudrait surtout apprendre à nos futurs médecins, c'est de lire un peu dans la nature telle qu'elle se présente à leurs yeux, et non pas vue à travers un prisme où les objets sont déformés ou trop vivement colorés. C'est malheureusement ce qui a lieu dans la plupart de nos leçons, où l'on est obligé de leur mettre sous les yeux des planches murales représentant des êtres à peu près méconnaissables pour eux, lorsqu'on les leur présente ensuite à l'état vivant!

C'est, d'une part, à cause des mauvais résultats depuis longtemps reconnus d'une éducation presque exclusivement théorique en zoologie, et, d'autre part, à cause du précieux enseignement que retirent les élèves lorsqu'on les guide au milieu de la nature, que j'ai voulu, dès que j'ai eu l'honneur de me voir confier un enseignement à la Faculté des Sciences, essayer de mettre ces idées en pratique.

Voilà pourquoi, à titre d'essai, j'ai, le 22 mai dernier, organisé une excursion zoologique à Arcachon, excursion qui était formée par la plupart de nos élèves du P. C. N. et par un certain nombre de nos futurs licenciés.

Je dois dire que la Société scientifique et Station zoologique d'Arcachon a, dans la personne de son aimable président, M. le Dr Lalesque, répondu chaleureusement à mon appel, en me fournissant tous les moyens matériels à sa disposition pour la complète réussite de cette agréable et, à la fois, utile promenade zoologique. Je ne saurais trop l'en remercier.

Le programme de l'excursion comportait : d'abord, une visite aux Pêcheries de l'Océan, où les étudiants ont pu voir le résultat de la pêche d'un jour; puis, une promenade au cap Ferret, promenade qui a pu être faite dans les meilleures conditions possible, grâce à l'obligeance de M. Johnston, propriétaire des Pêcheries, et de M. Delon, directeur de l'établissement de Saint-Ferdinand, qui, comme de coutume, ont bien voulu mettre à la disposition de la Société scientifique le plus beau de leurs bateaux, le *Courlis*. Je ne veux pas parler du *Courlis* sans adresser tous mes remerciements à son patron, à son chef-mécanicien et à tout son équipage, autant en mon nom personnel qu'en celui de ceux qui, par deux fois, se sont trouvés avec moi à son bord.

Après le déjeuner, charmant du reste, une visite à l'Aquarium et aux Laboratoires a terminé cette agréable journée.

Activement aidé par M. Chaine, préparateur à la Faculté des Sciences; M. Durègne, conservateur du Musée d'Arcachon, et aimablement guidé par M. le Dr Lalesque et M. le professeur Jolyet, il m'a été possible de montrer aux étudiants un certain nombre d'êtres dont ils avaient beaucoup entendu parler certainement, mais qu'ils n'avaient jamais vus pour la plupart... qu'en effigie, et encore!

Je me rappelle l'étonnement d'un certain nombre d'entre eux, lorsque je leur ai présenté des *Amphioxus* conservés dans l'alcool. Ils s'imaginaient tous que cet animal, dont on leur avait si souvent parlé, avait au moins trente centimètres de long! Et cela s'explique aisément, car ils n'avaient jamais vu l'*Amphioxus* que représenté par un modèle en plâtre, fortement grossi et passablement déformé! Le seul, du reste, que nous ayons à la Faculté!

Malheureusement, ce n'est pas en un jour, que dis-je? en quelques heures que l'on peut faire au bord de la mer une excursion zoologique profitable! Ce n'est pas une, mais trois ou quatre au moins qui devraient avoir lieu tous les ans! Plusieurs motifs s'y opposent cependant.

Le premier, le plus grave, c'est que toute excursion à la mer nécessite un déplacement, lequel entraîne à des frais qui, sans être énormes, sont cependant considérables, surtout quand on a affaire à une centaine d'étudiants, comme c'est le cas!

Comme il n'y a pas de crédits spéciaux pour les excursions et que je ne puis pas payer de ma poche, je suis obligé de faire verser une cotisation aux élèves qui veulent bien venir. Comme j'oblige à payer, je ne puis plus forcer à suivre l'excursion. Enfin, la petite somme perçue pour chaque élève, plusieurs fois répétée, deviendrait beaucoup trop forte pour la majorité de nos étudiants. Il m'est donc impossible d'organiser plusieurs excursions pendant la même année scolaire.

Il y aurait là, me semble-t-il, quelque chose à faire pour l'Université de Bordeaux, et je ne doute pas qu'il suffise de signaler le fait pour que le Conseil de l'Université ne cherche à y porter remède dans la mesure du possible, en consacrant tous les ans, sur son budget, une certaine somme permettant de payer au moins les frais du voyage en chemin de fer à nos excursionnistes. Il faut, du reste, savoir que les Compagnies de chemins de fer accordent le demi-tarif pour toute excursion scientifique ou autre composée d'au moins dix membres.

TABLE DES MATIÈRES

Conseil d'administration de la Société scientifique et Station zoologique d'Arcachon III
Extrait des Statuts IV
Liste des travaux sortis des Laboratoires d'Arcachon depuis leur fondation V

Travaux de 1898.

I. P. Rivière. — Variations électriques et travail mécanique du muscle 1
II. B. de Nabias. — Recherches sur le système nerveux des Gastéropodes pulmonés aquatiques. Cerveau des Limnées *(Limnæa stagnalis)*. 43
III. D. Poloumordwinoff. — Recherches sur les terminaisons nerveuses sensitives dans les muscles striés volontaires. . 73
IV. A. Cannieu. — Recherches sur la structure des ganglions cérébro-spinaux et leurs prolongements cylindraxiles et protoplasmiques 80
V. Lafite-Dupont. — Note sur le système veineux des Sélaciens 86
VI. A. Cannieu et Lafite-Dupont. — Recherches sur l'appareil musculaire du gros intestin chez le phoque et quelques autres mammifères. 94
VII. G. Bohn. — Du rôle des poils dans l'enfouissement des « Atelecyclus » 106
VIII. G. Bohn. — Des adaptations des pattes thoraciques chez les Homaridés 114
IX. G. Bohn. — Des migrations saisonnières dans le bassin d'Arcachon. Crustacés décapodes (septembre et octobre 1898). 123
X. H. Fischer. — Liste des mollusques marins recueillis à Guéthary et à Saint-Jean-de-Luz. 127
XI. A. Gruvel. — Excursion zoologique au Laboratoire d'Arcachon (22 mai 1898) 137

Bordeaux. — Impr. G. Gounouilhou, rue Guiraude, 11.

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ET

STATION ZOOLOGIQUE

D'ARCACHON

TRAVAUX DES LABORATOIRES

RECUEILLIS ET PUBLIÉS PAR

Le Dr F. JOLYET

DIRECTEUR DES LABORATOIRES DE LA STATION ZOOLOGIQUE D'ARCACHON
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

Le Dr F. LALESQUE

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE D'ARCACHON
LAURÉAT DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE ET DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Et le Dr B. de NABIAS

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DÉLÉGUÉ DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ANNÉE 1898

PARIS

LIBRAIRIE OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8 — Place de l'Odéon — 8

A LA MÊME LIBRAIRIE

ZOOLOGIE DESCRIPTIVE

ANATOMIE, HISTOLOGIE ET DISSECTION

DES FORMES TYPIQUES D'INVERTÉBRÉS

PAR

N.-C. APOSTOLIDÈS, Professeur à l'Université d'Athènes; L. BOUTAN, Maître de conférences à l'Université de Paris; E. BRUMPT, Préparateur à l'École des Hautes-Études; L. GUÉNOT, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy; YVES DELAGE, Professeur à l'Université de Paris; FABRE DOMERGUE, Professeur adjoint du laboratoire du Collège de France; L. FAUROT, Docteur ès sciences naturelles; GOURRET, Professeur à l'Université de Marseille; Dr J. GUIART, Chef des travaux à la Faculté de Médecine de Paris; PAUL HALLEZ, Professeur à l'Université de Lille; L.-F. HENNEGUY, Professeur au Collège de France; CH. JANET, Président de la Société zoologique de France; LOUIS JOUBIN, Professeur à l'Université de Rennes; J. JOYEUX LAFFUIE, Professeur à l'Université de Caen; LOUIS LÉGER, Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Grenoble; E.-A. MINCHIN, de Merton Collège, Oxford; J. POIRIER, à l'Université de Clermont; G. PRUVOT, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble; A. ROBERT, Préparateur à la Sorbonne; E. TOPSENT, Professeur à l'École de Médecine de Rennes; E.-F. WEBER, Assistant au Musée d'Histoire naturelle de Genève.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

L. BOUTAN.

Deux volumes in-18 colombier, cartonnés toile, tête dorée, tranches ébarbées, formant 1,250 pages avec 603 figures, dont 148 tirées en trois couleurs, dans le texte. Prix . . . . . **20** francs.

ATLAS

D'ANATOMIE COMPARÉE

DES INVERTÉBRÉS

Par A. VAYSSIÈRE,

Lauréat de l'Institut,
Professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille,
avec une préface de M. F. MARION.

1 volume petit in-4° en carton, contenant 60 planches noires ou coloriées avec le texte correspondant.

Prix nouveau : **20** fr. — Relié amateur, tête dorée : **26** fr.

Bordeaux. — Imp. G. GOUNOUILHOU, rue Guiraude 11

MBL/WHOI LIBRARY
WH 19YW $